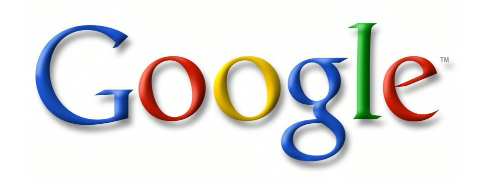

Google





ASSOCIATION
FRANÇAISE
POUR
L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Une table des matières est jointe à chacune des parties du Compte rendu de la session de Grenoble ; une table analytique *générale* par ordre alphabétique termine la 2e partie.

Dans cette table les nombres qui sont placés après l'astérisque se rapportent aux pages de la 2e partie.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 24744-6.

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

COMPTE RENDU DE LA 14e SESSION

GRENOBLE

— 1885 —

SECONDE PARTIE

NOTES ET MÉMOIRES



PARIS

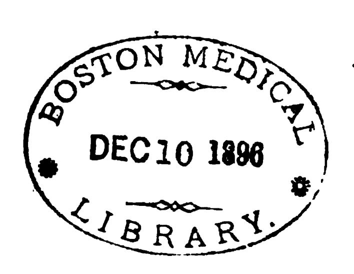
AU SECRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION

4, RUE ANTOINE-DUBOIS, 4

ET CHEZ M. GEORGES MASSON, LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1886


BOSTON MEDICAL
DEC 10 1896
LIBRARY.


CATALOGUED
DEC 10 1896
E. H. B.

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

NOTES ET MÉMOIRES

M. le Général L.-J.-A. DE COMMINES DE MARSILLY

A Auxerre.

NOTE SUR LA POSSIBILITÉ D'EXPLIQUER LES ACTIONS MOLÉCULAIRES PAR LA GRAVITATION UNIVERSELLE

— *Séance du 13 août 1885* —

I

Les actions moléculaires ont eu de tout temps, surtout du nôtre, le privilège d'attirer l'attention des esprits chercheurs et de susciter de nombreuses hypothèses explicatives. Je crois donc faire œuvre utile, en communiquant à l'Association française une remarque nouvelle qui rattacherait les actions à l'attraction en raison inverse du carré des distances. Je n'ai pas d'ailleurs eu le loisir de soumettre ma remarque à des vérifications mathématiques ; je la livre donc telle quelle, laissant à d'autres le soin de l'étudier, s'ils croient qu'elle le mérite. Je me borne à donner les explications nécessaires pour en faire comprendre la portée.

1° On a successivement regardé les molécules d'un corps comme de très petits corpuscules en équilibre les uns par rapport aux autres, puis comme de très petits corpuscules oscillant autour de positions moyennes. Cette dernière conception prévaut aujourd'hui que l'étude de la thermodynamique nous a fait reconnaître dans ces mouvements oscillatoires très restreints, mais très rapides, le réservoir de forces vives énormes capables d'équilibrer celles des grands mouvements des corps. Dès lors, les grandeurs des forces élastiques, de la température, etc., que nous mesurons expérimentalement, sont uniquement des moyennes de grandeurs variables pendant des périodes immensément courtes.

2° A un autre point de vue, la molécule que la chimie nous montre devoir être composée de plusieurs atomes, même dans les corps simples, a été regardée tantôt comme un corpuscule résultant de l'agglutination des atomes, tantôt comme un groupe d'atomes distincts circulant les uns autour des autres en vertu de forces inconnues; celles-ci ont été supposées par les uns, sans preuve sérieuse, être le résultat de chocs, et par les autres, des actions à distance également inexplicables, telle que l'est la gravitation, mais dont il faut accepter l'existence comme un fait d'expérience.

L'espace mal déterminé où se meuvent les atomes du groupe, s'ils sont séparés, est le volume de la molécule; les volumes des molécules voisines ne peuvent évidemment pas chevaucher les uns sur les autres; ils doivent, au contraire, laisser des vides entre eux. On appelle alors distances moléculaires les distances des centres de gravité des groupes d'atomes ou molécules. Les partisans du mouvement circulatoire des atomes, y compris Cauchy, le plus illustre d'entre eux, croyaient les dimensions des molécules négligeables à côté des distances moléculaires. L'origine de cette croyance semble due à une simplification apparente dans les calculs, ce qui n'est pas sérieux. Dans un ouvrage publié en 1884 (*les Lois de la matière*, Paris, Gauthier-Villars, page 52), j'ai montré qu'en expliquant les mouvements des atomes par des actions en raison inverse de puissances >4 des distances, ainsi que le faisait Cauchy, les dimensions de la molécule étaient nécessairement comparables aux distances moléculaires; ces dimensions interviennent dans l'expression des résistances à la pression ou forces élastiques; leurs variations entraînent, pour un corps de densité constante, des variations dans la grandeur des forces élastiques, variations qu'on peut mesurer par le thermomètre; les mouvements atomiques, auxquels sont dues ces variations, sont donc probablement l'une des causes de la chaleur, si elles n'en sont point l'unique. Je n'ai pas pu résoudre entièrement cette question.

3° Envisageons encore les actions moléculaires à un troisième point de vue. Gauss a montré, dès 1829, que l'attraction, en raison inverse du

carré de la distance, était impuissante à les expliquer; mais son raisonnement suppose les molécules en équilibre et ne tient pas compte de leurs dimensions. Dans mon ouvrage précité *(les Lois de la matière)*, j'établis cette même impuissance pour les molécules en mouvement, en leur supposant des dimensions comparables aux distances moléculaires, inférieures toutefois à celles-ci. Or, en admettant que ces dimensions ne diffèrent des distances moléculaires que par des quantités immensément petites du second ordre, il arrive que, pendant une succession d'intervalles très courts, mais répétés très fréquemment, les atomes de deux molécules voisines se trouvent à des distances immensément petites du second ordre l'un de l'autre, et produisent alors une force élastique sensible plus ou moins grande. Le résultat sera une force élastique moyenne sensible, d'une grandeur quelconque. Cette force élastique peut-elle expliquer tous les phénomènes qui se développent au contact plus ou moins intime des corps? C'est une question impossible à trancher avant une étude sérieuse. Tout ce que je veux montrer dans cette note est la possibilité logique d'une force élastique finie due à l'attraction en raison inverse du carré de la distance.

II

Je rappellerai d'abord une partie des résultats obtenus dans mon ouvrage : *les Lois de la matière*. J'y envisage les corps cristallisés et ceux qui peuvent s'y rattacher par un mouvement continu des molécules. Je montre que, toutes les fois qu'on se borne à considérer les espaces environnant une molécule dans l'étendue de ce que les géomètres nomment le rayon d'activité moléculaire, on peut regarder les molécules comme distribuées régulièrement dans le sens attaché à ce mot par Bravais. Dès lors, en prenant pour origine des coordonnées le centre de gravité de la molécule où l'on veut déterminer les forces élastiques, pour axes directeurs trois des rangées conjuguées qui s'y croisent et dont les paramètres sont respectivement h, k, l; puis désignant par ξh, ηk, ζl, les coordonnées des centres de gravité des molécules voisines, par σ la molécule d'origine, par σ' l'une quelconque des molécules voisines, par μ, μ', etc., les masses des divers atomes d'une molécule, par α, β, γ les projections, parallèlement aux axes, de leurs distances au centre de gravité de la molécule, par m la masse de celle-ci, j'ai trouvé les expressions suivantes des composantes de la force élastique sur le plan $\xi = 0$, quand cette force est due à l'attraction en raison inverse du carré des distances :

$$E_h = \frac{1}{2}\rho\cos(xh)\,S\frac{\mu_\sigma\mu'_{\sigma'}f}{mr^3_{\sigma\sigma'}}\xi\,h(\xi h + \alpha'_{\sigma'} - \alpha_\sigma),$$

$$E_k = \frac{1}{2}\rho \cos(xh)\,S\,\frac{\mu_\sigma \mu'_{\sigma'} f}{m r^3_{\sigma\sigma'}}\,\xi h\,(\eta k + \beta'_{\sigma'} - \beta_\sigma),$$

$$E_l = \frac{1}{2}\rho \cos(xh)\,S\,\frac{\mu_\sigma \mu'_{\sigma'} f}{m r^3_{\sigma\sigma'}}\,\xi h\,(\zeta l + \gamma'_{\sigma'} - \gamma_\sigma).$$

Dans ces formules, le premier membre indique une composante élastique parallèle au paramètre employé pour indice; ρ est la densité du corps au point et à l'instant considérés, x désigne la normale aux paramètres k, l et (xh) l'angle compris entre cette normale et le paramètre h; la lettre S indique la représentation des sommations suivantes : 1° tous les termes relatifs aux divers atomes de la molécule σ' ; 2° toutes les sommes semblables que donneront les divers atomes de la molécule σ ; 3° toutes les secondes sommes que donneront les molécules σ' comprises dans la demi-sphère de rayon égal à celui de l'activité moléculaire. On les aura en faisant varier ξ, η, ζ de $+1$ à une limite très grande, indéfinie. Le dénominateur $r_{\sigma\sigma'}$ indique la distance des deux atomes μ_σ, $\mu'_{\sigma'}$. D'ailleurs, les formules données supposent un corps de composition chimique identique dans toute son étendue.

Dans ces mêmes formules, h, k, l, α, β, γ sont, d'une manière générale, des quantités immensément petites de premier ordre, et μ_σ, $\mu_{\sigma'}$ des quantités immensément petites du troisième ordre; donc, pour toutes les valeurs de ξ, η, ζ supérieures à l'unité (α, β, γ sont nécessairement plus petits respectivement que h, k, l), $r_{\sigma\sigma'}$ est une quantité immensément petite du premier ordre, et les termes correspondants fournis aux sommes ont leurs numérateurs d'ordre $3+3+1+1$, leurs dénominateurs d'ordre $3+3$; ils sont donc d'ordre 2. D'ailleurs, ils décroissent assez rapidement jusqu'à une distance sensible pour tendre vers une limite de même ordre; ils fournissent donc une composante élastique immensément petite du second ordre. Mais, pour les molécules immédiatement voisines, où ξ, η, ζ sont au plus tous les trois égaux à l'unité, et où un ou deux de ces coefficients peut être nul, il peut se faire que r soit un immensément petit du premier ordre ou un du second. Dans le premier cas, la force élastique reste une quantité immensément petite du second ordre, comme le terme ajouté. Dans le second, qui ne peut pas être permanent, puisqu'il résulte du rapprochement extrême et momentané de deux atomes décrivant leurs orbites autour de deux centres différents situés à une distance immensément petite du premier ordre l'un de l'autre, le terme fourni est fini et constitue à lui seul la partie finie de la force élastique; car son numérateur est d'ordre $3+3+1+2=9$, et son dénominateur est d'ordre $3+3.2=9$. Le rapprochement des deux atomes peut être plus ou moins grand, plus ou moins répété, et partant les forces élastiques suc-

cessivement développées peuvent être plus ou moins grandes, plus ou moins nombreuses. Elles sont toutes de même sens, puisque ξ, η, ζ sont toujours positifs; la moyenne sera donc une force finie de même sens. Dans ces conditions, la gravitation universelle peut expliquer les forces élastiques ou autres actions moléculaires, au moins à première vue. C'est ce que je me suis proposé d'établir.

III

Comme je l'ai dit en débutant, je n'ai pas eu le loisir de soumettre cet aperçu au calcul. Mais on peut, dès à présent, y prévoir quelques objections, en déduire certaines conséquences. Je tiens à en dire ici quelques mots :

1° Pour que des atomes associés dans une molécule continuent à en faire partie, il faut qu'à leurs plus grands éloignements du centre de gravité, leur trajectoire tourne sa concavité vers le centre de la molécule. Mais, suivant toute apparence, c'est dans ces plus grands éloignements qu'ils se rapprochent le plus des atomes des molécules voisines, arrivent presque à les toucher et donnent des forces élastiques sensibles. Comment peut-il se faire qu'ils s'éloignent après s'être le plus rapprochés et avoir développé une attraction immense? Cette difficulté n'existe pas dans l'hypothèse que j'ai adoptée dans mon ouvrage : *les Lois de la matière;* c'est une répulsion qui s'accentue à mesure que les atomes de molécules voisines se rapprochent. Une analyse sérieuse peut seule décider de la valeur de cette première objection. Dans le monde planétaire les trajectoires des planètes tournent leur concavité vers le centre de la plus grande attraction.

2° Avec les actions en raison inverse de puissances de la distance supérieure à 4, chaque molécule représentait une assez grande quantité de force vive et de travail faiblement influencée par celle des molécules voisines et par les forces extérieures; cela semblait conforme aux faits, qui assignent une valeur considérable à l'équivalent mécanique de la chaleur. Il paraît difficile qu'il en soit de même lorsque le mouvement intérieur des atomes de la molécule est dû à la même cause que les grands mouvements. En revanche, on trouve plus de facilité à exclure l'hypothèse de l'éther luminifère et à peupler les espaces de matière identique à celle des planètes. Dans l'un et l'autre cas, le théorème de Newton, d'après lequel les points intérieurs d'une sphère homogène ne sont pas attirés par l'attraction de la masse intérieure, explique comment les mouvements des astres ne sont pas influencés par l'existence de cette matière, en quantité énorme, toute rare qu'elle est; il suffit d'admettre que l'immense étendue des mondes est sphérique. Mais avec des attractions et répulsions molécu-

laires, il faudrait admettre, pour ainsi dire, la dissociation complète des molécules pour que les forces élastiques, autrement dit la résistance au mouvement des planètes, soient nulles ou inappréciables, ainsi que le montre l'expérience; alors les mouvements de la lumière et de la chaleur ne pourraient se transmettre que par les vibrations des atomes isolés, ce que l'on comprend difficilement; tandis que, avec la gravitation seule, un écartement des molécules assez grand pour que les atomes des molécules voisines restent à des distances du premier ordre les uns des autres, suffit pour rendre insensible toute résistance au mouvement des astres. Cependant les molécules restent constituées de plusieurs atomes et peuvent transmettre, en même temps que leurs mouvements oscillatoires, des mouvements atomiques intérieurs assez considérables.

M. Éd. COLLIGNON

Ingénieur en chef, Inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées.

PROBLÈME DE GÉOMÉTRIE

— Séance du 13 août 1885 —

Un bâtiment se meut à la surface de la mer, supposée plane, avec une vitesse v constante en grandeur. On demande quelle courbe il faut lui faire décrire pour que son pavillon, orienté par le vent qui souffle avec une vitesse donnée V dans une direction constante, soit constamment dirigé vers un point fixe O.

Nous prendrons le point O pour origine et pour pôle.

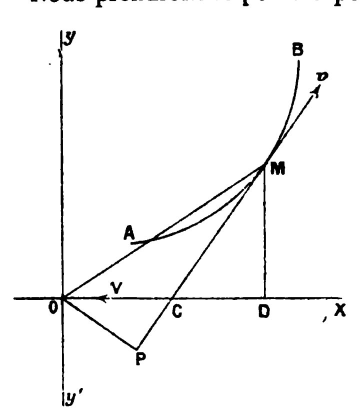


Fig. 1.

Soit OX la direction du vent, c'est-à-dire la direction constante parallèlement à laquelle il souffle avec la vitesse V dans le sens XO. La droite OX sera pour nous l'axe des abscisses x, et l'axe polaire. Soit AB la courbe cherchée.

Le point M, qui, à un instant donné, représente le bâtiment, a une vitesse v dirigée dans le sens du mouvement, suivant la tangente à la courbe. Pour avoir l'orientation du pavillon, composons la vitesse V du vent avec une vitesse $-v$, égale et contraire à celle du point mobile M. La résultante doit coïncider avec la droite MO. Rien n'empêche de regar-

der le triangle MCO comme opérant la composition des vitesses. Il suffit de prendre la longueur MC pour représenter la vitesse $-v$; la longueur CO représentera la vitesse V, et la résultante MO sera la vitesse relative du vent par rapport au bâtiment, c'est-à-dire la direction que prendra le pavillon.

Appelons r le rayon vecteur OM, θ l'angle polaire MOX. Appelons, de plus, μ l'angle OMC, que forme la tangente à la courbe avec le rayon vecteur. Le triangle MCO donne la proportion

$$\frac{\mathrm{MC}}{\mathrm{CO}}=\frac{\sin\theta}{\sin\mu}=\frac{v}{\mathrm{V}},$$

de sorte qu'on aura, en appelant k le rapport constant $\frac{v}{\mathrm{V}}$,

$$(1) \qquad \sin\theta = k\sin\mu,$$

équation de la courbe cherchée dans un système de coordonnées angulaires. Pour passer de là aux coordonnées polaires, on y joindra l'équation

$$(2) \qquad \operatorname{tang}\mu=\frac{r\,d\theta}{dr},$$

qui permettra d'éliminer l'angle μ, et qui conduira à une équation différentielle entre r et θ.

On peut aussi substituer à l'équation (1) une relation entre deux coordonnées linéaires, savoir l'ordonnée $y=\mathrm{MD}$, et la distance $p=\mathrm{OP}$ du point O à la tangente. Ces deux quantités sont égales, l'une à $r\sin\theta$, l'autre à $r\sin\mu$, et l'on a

$$(3) \qquad y=kp,$$

équation qui est, à proprement parler, l'équation des moments, par rapport au point O, des deux vitesses $-v$ et V, lesquelles, appliquées au point M, ont pour résultante la droite MO.

On passera facilement des coordonnées y et p aux coordonnées p et α, l'angle α étant l'angle que fait la droite OP avec l'axe fixe OY' normal à OX, ou, ce qui revient au même, l'angle de la tangente MC avec l'axe OX. Il sera aisé de passer ensuite de ce système de coordonnées podaires, p et α, au système usuel des coordonnées rectangles x et y, rapportées aux axes OX, OY. Nous nous servirons concurremment de ces divers systèmes de coordonnées pour la discussion du problème.

Cherchons d'abord l'équation de la courbe en coordonnées polaires.

On tire de l'équation (1)

$$\sin\mu=\frac{1}{k}\sin\theta,$$

$$\cos\mu = \frac{1}{k}\sqrt{k^2 - \sin^2\theta},$$

$$\tang\mu = \frac{\sin\theta}{\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}},$$

et cette dernière valeur, substituée dans l'équation (2), donne

$$(4) \qquad \frac{dr}{r} = \frac{d\theta\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta}$$

pour l'équation différentielle du lieu. Le radical peut recevoir le double signe, de sorte qu'en chaque point le rapport $\frac{dr}{d\theta}$ a deux déterminations égales en valeur absolue, et de signes contraires.

L'examen de l'équation (4) révèle plusieurs propriétés des courbes qui y sont contenues.

1° Si l'on change θ en $-\theta$, sans changer r, l'équation est satisfaite; si donc une courbe donnée satisfait à l'équation (4), la courbe symétrique de celle-là par rapport à l'axe OX y satisfera également;

2° Si l'on change θ en $\pi - \theta$, sans changer r, l'équation (4) se change en

$$\frac{dr}{r} = -\frac{d\theta\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta},$$

de sorte que le changement de θ en $\pi - \theta$ revient au changement de signe du radical. La courbe symétrique par rapport à l'axe OY d'une courbe qui satisfait à l'équation (4), est donc aussi une solution de cette équation;

3° Si l'on change r en λr, λ étant un facteur constant, sans changer θ, l'équation (4) reste la même, de sorte que toute solution de l'équation (4) en fait connaître une infinité d'autres, homothétiques de la première par rapport au point O. Cette transformation comprend, pour $\lambda = -1$, la symétrie par rapport au point O, qui est une conséquence de la symétrie par rapport à OX et par rapport à OY;

4° Changeons r en $\frac{\lambda^2}{r}$, λ désignant une longueur arbitraire. Le rapport $\frac{dr}{r}$ changera simplement de signe, et cela reviendra à changer le signe du radical. A toute solution, on peut donc adjoindre toutes les transformées

de cette solution par rayons vecteurs réciproques, le point O servant de pôle à la transformation.

Il est facile de vérifier ces diverses propriétés sur la figure. La courbe M fait connaître la solution M′, par symétrie par rapport à OX, la solution M″ par symétrie par rapport à OY, une solution M_1 au moyen de la transformation par rayons vecteurs réciproques, enfin des solutions homothétiques par rapport au point O. La transformation par rayons vecteurs réciproques substitue au triangle OCM, dans lequel OC et CM sont proportionnels à V et v, le triangle OC_1M_1, qui a le même angle θ que le premier, mais dans lequel l'angle en M_1 est supplémentaire de l'angle $\mu = OMC$, et a le même sinus. On a donc encore

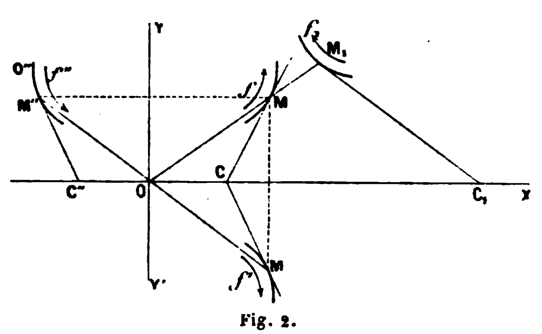


Fig. 2.

$$\frac{M_1C_1}{OC_1} = \frac{\sin\theta}{\sin\mu} = \frac{v}{V}.$$

Ces diverses courbes doivent d'ailleurs être parcourues chacune dans un sens défini. Pour le fixer, imaginons qu'un point mobile accomplisse le trajet MCO, ou les trajets homologues. Si ce parcours CO se fait dans le sens même où souffle le vent, le sens du parcours MC est le sens contraire à la vitesse v, et la direction du mouvement du point M est donnée par le sens CM. Si, au contraire, CO est contraire au sens du vent, MC donnera le sens de la vitesse du bâtiment. Les flèches f, f', f'', f_1, indiquent les sens de la marche. On voit, en même temps, que les pavillons seront dirigés vers le point O en M, M′ et M_1, tandis qu'ils auront en M″ la direction centrifuge OM″.

Ces préliminaires posés, occupons-nous de l'intégration de l'équation (4).

On aperçoit tout d'abord une solution singulière, qui consiste à faire $\theta = 0$; cette hypothèse rend $\frac{dr}{r}$ indéterminé. La solution est évidente : lorsque le bâtiment se déplace dans la direction même où souffle le vent, l'orientation de son pavillon n'est pas altérée par le mouvement du bateau, et le pavillon passera constamment par le point O si la route y passe elle-même.

Observons aussi que, si l'on fait $\theta = 0$, la valeur de r, dès qu'elle est déterminée, est nulle ou infinie.

On déduit, en effet, de l'équation (4), en indiquant l'intégration,

$$(5)\qquad r = r_0 e^{\pm\displaystyle\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta\,\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta}}.$$

en désignant par r_0 et θ_0 les coordonnées d'un point par lequel on veut faire passer la courbe.

Prenons ce point sur l'axe OX, en faisant $\theta_0 = 0$, et étudions la courbe pour une variation infiniment petite de l'angle θ. On aura, en appelant ε une limite supérieure infiniment petite, et en confondant $\sin\theta$ avec θ,

$$\int_0^{\varepsilon} \frac{d\theta\,\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta} = \int_0^{\varepsilon} \frac{k\,d\theta}{\theta} = k[l(\theta)]_0^{\varepsilon},$$

quantité infinie, quelle que soit la limite ε. Il faut donc que l'on ait, ou bien $r_0 = 0$, pour que le produit $r_0 \times e^{\pm k[l(\theta)]_0^{\varepsilon}}$ reste fini malgré la valeur infiniment grande du second facteur, si l'on prend la valeur positive de l'exposant; ou bien r_0 infini, pour que le rapport $\dfrac{r_0}{e^{\pm k[l(\theta)]_0^{\varepsilon}}}$ soit également fini, si l'on prend l'exposant négatif. L'une des déterminations de r dérive de l'autre par la transformation par rayons vecteurs réciproques.

Toutes les courbes qui satisfont à l'équation (4) passent donc au point O, ou au point situé à l'infini sur l'axe polaire. Si elles passent au point O, elles sont tangentes à l'axe OX. Car l'équation $\sin\theta = k\sin\mu$ fait voir que l'angle $\mu = 0$ lorsque $\theta = 0$, ce qui a lieu lorsque r est nul. L'axe polaire formant d'ailleurs une solution particulière, les courbes contenues dans l'intégrale générale doivent lui être tangentes. Quant aux courbes qui passent par le point situé à l'infini sur l'axe polaire, on doit avoir aussi $\mu = 0$, puisque $\theta = 0$, de sorte que leurs tangentes à l'infini sont parallèles à l'axe OX. Les branches infinies de la solution ont donc leurs asymptotes parallèles à OX ; mais elles peuvent en être infiniment éloignées, ce que nous examinerons plus loin.

Occupons-nous principalement des branches de courbe qui partent de l'origine. Nous aurons à faire l'intégrale $\displaystyle\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta\,\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta}$. Elle s'obtient

facilement en posant $\sin\theta = kt$, ce qui revient à faire $t = \sin\mu$. La variable t s'annule avec θ, et on aura identiquement

$$\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}}{\sin\theta} = \int_{t_0}^{t} \frac{kdt\sqrt{1-t^2}}{t\sqrt{1-k^2t^2}} = \int_{t_0}^{t} \frac{ktdt\sqrt{1-t^2}}{t^2\sqrt{1-k^2t^2}},$$

fonction qui prend la forme $\displaystyle\int_{u_0}^{u} \frac{k\sqrt{1-u}}{u\sqrt{1-k^2u}}du$ en posant $t^2 = u$. Elle est intégrable en termes finis, puisqu'elle ne contient qu'un radical carré portant sur un trinome du second degré en u. Remarquons, avant d'aller plus loin, que la discussion du problème présentera trois cas particuliers, suivant qu'on aura $k < 1$, $k > 1$ ou $k = 1$. Si $k < 1$, la valeur de $\sin\theta$ est essentiellement limitée, par la condition de rendre réel le radical $\sqrt{k^2 - \sin^2\theta}$. Si, au contraire, k est > 1 ou $= 1$, l'angle θ peut croître au-delà de toute limite. Le cas particulier de $k = 1$ peut être traité à part. L'intégrale indéfinie devient, en effet,

$$\int \frac{\cos\theta d\theta}{\sin\theta} = l\sin\theta,$$

et l'on a pour l'équation de la courbe $r = Ce^{\pm l\sin\theta}$, savoir :

$$r = C\sin\theta, \text{ si l'on prend le signe supérieur,}$$

et

$$r = \frac{C}{\sin\theta}, \text{ si l'on prend le signe inférieur.}$$

La première solution donne une circonférence qui touche au point O l'axe polaire ; la seconde, une droite parallèle à cet axe, transformée du cercle par rayons vecteurs réciproques à partir du point O.

Nous nous bornerons à ces indications, et nous résoudrons le problème d'une manière qui nous paraît préférable.

Reprenons l'équation (3), qui lie entre elles les coordonnées $p = \text{OP}$ et $y = \text{MR}$. Cherchons d'abord à exprimer y en fonction de p et de l'angle $\alpha = \text{POY}' = \text{MCR}$. On sait que, lorsqu'une courbe est rapportée à des coordonnées podaires p et α, la dérivée $\frac{dp}{d\alpha}$ représente la distance PM du pied de la perpendiculaire OP, abaissée du point O sur la tangente, au point de contact M. Il en résulte, en projetant le contour OPM sur les deux axes,

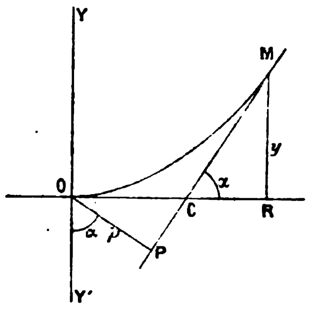


Fig. 3.

$$(6)\qquad \begin{cases} x = \dfrac{dp}{d\alpha}\cos\alpha + p\sin\alpha, \\ y = \dfrac{dp}{d\alpha}\sin\alpha - p\cos\alpha. \end{cases}$$

Remplaçons dans l'équation (3) y par sa valeur en fonction de p et de α. Il vient

$$\frac{dp}{d\alpha}\sin\alpha - p\cos\alpha = kp,$$

ou bien, en séparant les variables,

$$\frac{dp}{p} = \frac{k+\cos\alpha}{\sin\alpha}\,d\alpha,$$

équation qui s'intègre immédiatement, et qui donne, en appelant A une constante arbitraire,

$$(7)\qquad p = A\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k \sin\alpha.$$

Telle est l'équation podaire du lieu. On vérifie aisément que, pour $\alpha = 0$, on a à la fois $p = 0$ et $\frac{dp}{d\alpha} = 0$. On a, en effet,

$$(8)\qquad \frac{dp}{d\alpha} = p\,\frac{k+\cos\alpha}{\sin\alpha} = A\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k (k+\cos\alpha),$$

fonction qui s'annule avec p, pour $\alpha = 0$.

Les circonférences que nous avons obtenues en supposant $k = 1$ ont pour équation podaire,

$$p = A\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\sin\alpha = 2A\sin^2\frac{\alpha}{2}.$$

Les droites parallèles à OX, que l'on a aussi dans le même cas, sont renfermées dans l'équation (7). Il suffit d'y faire $\alpha = \pi$, ce qui rend infini le facteur $\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k$, et nul l'autre facteur $\sin\alpha$; p a alors une valeur finie quelconque. En même temps $\frac{dp}{d\alpha}$ devient indéterminé, car le premier facteur $\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k$ est infini, et le second $k + \cos\alpha$ se réduit à zéro quand on y fait $k = 1$ et $\alpha = \pi$.

Substituons dans les équations (6) les valeurs de p et de $\frac{dp}{d\alpha}$ fournies par les équations (7) et (8). Il viendra

$$(9)\quad \left\{\begin{aligned} x &= \mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k [(k+\cos\alpha)\cos\alpha + \sin\alpha \times \sin\alpha] \\ &= \mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k (\cos\alpha + 1), \\ y &= kp = k\mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k \sin\alpha, \end{aligned}\right.$$

et l'équation en coordonnées rectangles des courbes cherchées s'obtiendra en éliminant α entre ces deux équations. On voit que le rapport $\frac{y}{x}$ s'exprime simplement en fonction de α par l'équation

$$\frac{y}{x} = \frac{k\sin\alpha}{k\cos\alpha + 1}.$$

Lorsque le rapport k est un nombre entier, la courbe est algébrique. On peut, en effet, exprimer rationnellement $\sin\alpha$ et $\cos\alpha$ en fonction de $\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2} = z$. On a

$$\sin\alpha = \frac{2z}{1+z^2},$$

$$\cos\alpha = \frac{1-z^2}{1+z^2},$$

et les équations (9) deviennent

$$x = \mathrm{A}z^k\left(k\,\frac{1-z^2}{1+z^2} + 1\right),$$

$$y = k\mathrm{A}z^k \times \frac{2z}{1+z^2},$$

relations algébriques lorsque k est entier, et qui conduiront, par l'élimination de z, à une équation algébrique entre x et y. A chaque valeur de z correspond une seule valeur pour x, une seule valeur pour y. Si l'on cherche l'intersection de la courbe avec une droite $y = mx + n$, on pourra substituer à x et à y leurs valeurs en z, et l'équation finale

$$k\mathrm{A}z^k \times 2z = m\mathrm{A}z^k\,[k(1-z^2) + (1+z^2)] + n \times (1+z^2)$$

sera du degré $k+2$ en z, et aura $k+2$ racines, réelles ou imaginaires. A chacune correspond un point unique, réel ou imaginaire, intersection de la courbe avec la droite. La courbe est donc du $(k+2)^{\text{me}}$ ordre. Toutefois, ce résultat est en défaut pour $k = 1$, parce qu'alors la parenthèse

$[k(1-z^2)+(1+z^2)]$ se réduit à deux unités, et perd son terme en z^2. Le degré de l'équation en z est donc seulement alors le degré $k+1$, c'est-à-dire le second degré. C'est le cas du cercle.

On reconnaîtrait de même qu'en général, pour k entier et >1, l'équation du $(k+2)^{me}$ degré qui lie les variables x et z, doit être du $(k+1)^{me}$ degré en x et du $(k+2)^{me}$ en y. Car si l'on donne une valeur à x, on trouvera $k+2$ valeurs de z qui y correspondront, et à chacune correspond une seule valeur de y; tandis que si l'on donne à y une valeur, il n'y a que $k+1$ valeurs correspondantes de z, et autant de valeurs de x.

Venons à la discussion de la solution, en passant en revue successivement les trois cas qui peuvent se présenter.

Premier cas. $k<1$, c'est-à-dire $v<V$.

Nous avons déjà reconnu que l'angle θ est alors limité. On le reconnaît directement, en construisant le triangle formé par la vitesse V du vent, la vitesse $-v$ du bâtiment prise en sens contraire de la marche, et leur résultante, qui doit être dirigée suivant le rayon MO. Prenons $OO'=V$ sur l'axe polaire, ou parallèlement à cet axe, $O'M=v$, égale et parallèle à la vitesse du bâtiment, et menons la droite OM. Elle sera parallèle à la droite MO de la première figure, et l'on aura $MOO'=\theta$, $OMO'=\mu$, $MO'A=\alpha$. Ce dernier angle est égal à $\theta+\mu$.

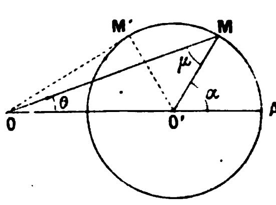


Fig. 4.

Le rayon O'M varie en direction, mais non en grandeur, et le lieu du point M est une circonférence dont O' est le centre. Le point O est situé en dehors de cette circonférence lorsque $V>v$, ce que nous supposons ici. Alors l'angle θ a pour limite supérieure l'angle $M_1OO'=\theta_1$, que forme la droite OO' avec la tangente OM_1 menée du point O à la circonférence lieu du point M. La valeur correspondante de μ est l'angle droit, et celle de α est $\alpha_1=\theta_1+\frac{\pi}{2}$.

Ce cercle O'M est l'indicatrice des accélérations totales du point mobile M sur la trajectoire AB. On l'obtient, en effet, en menant par un même point O' des droites égales et parallèles aux vitesses successives du point mobile.

Donnons à θ sa valeur limite θ_1 et cherchons la valeur de r correspondante. On a pour ce point limite $p=r$, et $\frac{dp}{d\alpha}=0$, puisque $\mu=\frac{\pi}{2}$, ce qui rend le rayon vecteur normal à la courbe, et ce qui fait coïncider la projection du point O sur la tangente avec le point de contact. D'ailleurs,

la valeur correspondante de α est $\alpha_1 = \theta_1 + \frac{\pi}{2}\cdot$ Substituant dans l'équation (7), il vient

$$p_1 = r_1 = \mathrm{A}\,\mathrm{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta_1}{2}\right)^k \cos\theta_1,$$

ce qui détermine la longueur OM. L'équation (8) donne $\frac{dp}{d\alpha} = 0$.

La courbe, issue du point O tangentiellement à OX, vient tomber perpendiculairement au rayon OM au point M; et comme θ ne peut pas croître au-delà de θ_1, il faut donner à $d\theta$ des valeurs négatives, ce qui conservera des valeurs positives pour dr en prenant la détermination négative du radical. A ces déterminations correspond une branche qui touche en M la tangente MC, et qui va toucher à l'infini l'axe OX. Elle est asymptote à l'axe polaire; car les équations (9) montrent qu'en faisant $\alpha = \pi$, on a x infini et y nul, lorsque $k < 1$. La branche MN peut se déduire de la branche OM au moyen d'une transformation par rayons vecteurs réciproques, en prenant O pour pôle, et OM^2 pour le produit constant des rayons conjugués.

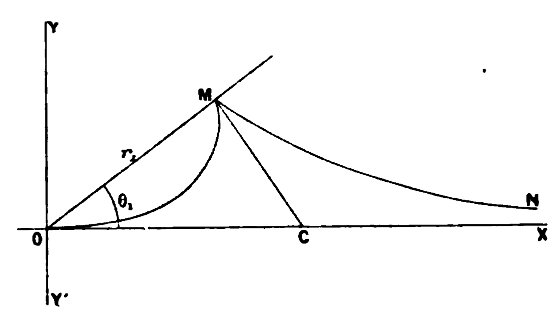


Fig. 5.

Au-delà du point O, la courbe se prolonge par la courbe symétrique par rapport à l'axe OY.

Il faut bien remarquer que les deux branches OM, MN, qui se raccordent en M par un rebroussement, ne se font pas suite l'une à l'autre, quand on les considère comme des trajectoires du bâtiment. L'une est, en effet, supposée parcourue dans le sens OM, tandis que l'autre devrait être parcourue dans le sens NM. Parvenu en M sur la courbe OM, le bâtiment ne doit pas suivre la courbe MN; pour satisfaire aux conditions qui lui sont imposées, il faudrait qu'il pût sauter brusquement du point M en un point quelconque de la courbe MN, pour la parcourir ensuite dans le sens qui ramène au point M. La courbe tout entière satisfait en tous points aux conditions géométriques (1) et (3), par lesquelles on traduit le problème proposé. Mais ces conditions géométriques laissent de côté le *sens*

du mouvement, condition restrictive, qu'on ne peut pas toujours satisfaire avec un mouvement continu, indéfiniment prolongé.

Second cas. $k > 1$ ou $v > V$.

Construisons encore l'épure des vitesses v et V. Nous obtenons un cercle décrit du point O′ comme centre avec $O'M = v$ pour rayon, et dans lequel un point intérieur O représente l'extrémité de la vitesse $V = O'O$. Cette droite O′O est parallèle à l'axe polaire et l'on a $MOO' = \theta$, $OMO' = \mu$, $MO'A = \alpha$.

Dans ce cas, l'angle θ peut croître indéfiniment à partir de 0, le point M, extrémité de la vitesse v, passant alternativement aux extrémités A et A′ du diamètre qu'on obtient en prolongeant OO′. L'angle μ est nul pour $\theta = 0$ et pour $\theta = \pi$. Entre ces deux limites il a un maximum, qui est donné sur la figure en élevant OM_1 perpendiculaire à OO′, et en joignant M_1O'. Le cercle circonscrit au triangle variable $OO'M_1$ est alors tangent à la circonférence OM. La limite supérieure μ_1 de l'angle μ est donnée par la figure, ou par l'équation (1), en y faisant $\theta = \frac{\pi}{2}$. Il vient $\sin\mu_1 = \frac{1}{k} = \frac{V}{v}$.

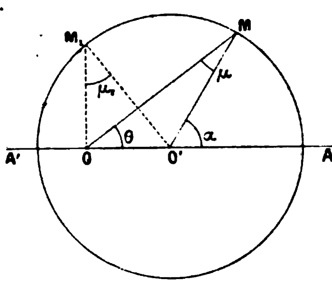


Fig. 6.

La courbe, qui part du point O tangentiellement à l'axe OX, vient donc couper l'axe OY sous l'angle μ_1, moindre que l'angle droit. Pour avoir la distance OM de l'intersection, on fera $\alpha = \mu_1 + \frac{\pi}{2}$ dans les équations (9). On trouvera

$$x = 0,$$

$$y = kA\left[\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\mu_1}{2}\right)\right]^k \sin\left(\frac{\pi}{2} + \mu_1\right) = A\sqrt{\frac{(k+1)^{k+1}}{(k-1)^{k-1}}}.$$

A partir de $\theta = \frac{\pi}{2}$, θ augmente et μ diminue, mais la somme $\alpha = \theta + \mu$ augmente jusqu'à $\alpha = \pi$, qui correspond au point A′ de la circonférence auxiliaire. Pour cette valeur $\alpha = \pi$, l'abscisse x est infinie et négative. Quant à l'ordonnée y, elle se présente sous forme indéterminée. Cherchons-en la vraie valeur, en faisant $\alpha = \pi - \varepsilon$, ε désignant un arc infiniment petit. Il viendra

$$\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2} = \frac{2}{\varepsilon},$$

$$\sin\alpha = \varepsilon,$$

$$y = kA \times \left(\frac{2}{\varepsilon}\right)^k \times \varepsilon = 2^k kA \times \frac{1}{\varepsilon^{k-1}},$$

quantité nulle si $k<1$, déterminée si $k=1$, et infinie si $k>1$, lorsqu'on y fait $\varepsilon=0$.

La courbe se prolonge donc du côté des x négatifs par une branche parabolique MN, suivant laquelle le mouvement du bâtiment peut indéfiniment se continuer. Au-delà du point O, elle se prolonge par la branche OMN′, symétrique de OHMN; les tangentes au point double M se coupent sous l'angle $2\mu_1$.

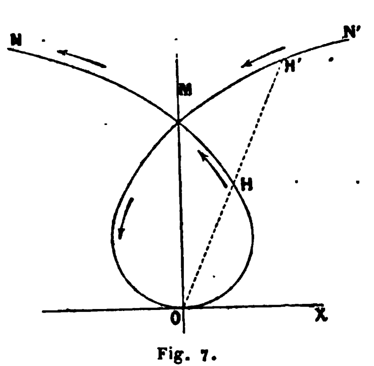


Fig. 7.

On reconnait aisément que la branche MN′, au-delà du point double, est la transformée par rayons vecteurs réciproques de la branche OHM, et qu'on a pour tout rayon vecteur OHH′ l'égalité $OH \times OH' = \overline{OM}^2$. L'une des deux branches correspond à la valeur positive du radical, l'autre à la valeur négative : ce qui suffit pour établir la proposition.

Troisième cas. $k=1$ ou $v=V$.

Nous avons déjà examiné ce cas, qui conduit à une circonférence et une droite.

On peut vérifier que, dans le cercle qui touche l'axe OX au point O, on a en tout point $MC=OC$, ce qui correspond à $v=V$. La circonférence doit être parcourue dans le sens OMHM′O. Le pavillon du bâtiment sera dirigé dans le sens MO sur la demi-circonférence de droite, et dans le sens M′N sur la demi-circonférence de gauche. Au point H les deux vitesses à composer, V et $-v$, se détruisent. Le pavillon retombera donc verticalement, et la condition de passer par le point O sera fictivement remplie. Il en est de même pour le parcours d'une droite AB parallèle à la direction du vent.

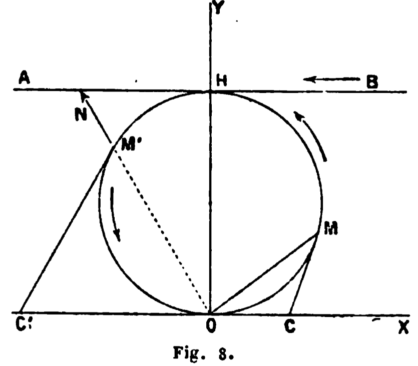


Fig. 8.

Le long de cette droite, parcourue dans le sens BA avec une vitesse égale à celle du vent, le pavillon tombera verticalement, comme s'il était en repos dans un air tranquille, et on pourra admettre que sa direction passe par un point quelconque du plan. Le problème conduit dans ce cas à un exemple de *cycle* et de *semi-droite*, c'est-à-dire de cercles et de droites qui doivent être considérés comme parcourus dans un sens déterminé.

Pour achever l'étude des courbes que nous venons de définir, nous

chercherons leur rayon de courbure, ainsi que l'expression de l'arc; nous indiquerons enfin une propriété géométrique qui appartient à ces courbes. quelle que soit la valeur du rapport k.

Le rayon de courbure se déduit de l'équation (7) au moyen de la formule $\rho = p + \frac{d^2p}{d\alpha^2}$. L'équation (8) donne $\frac{dp}{d\alpha}$; on en tire, en prenant la dérivée,

$$\frac{d^2p}{d\alpha^2} = \frac{1}{2}k\mathrm{A}\left[\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^{k-1} + \left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^{k+1}\right](k + \cos\alpha) - \mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^{k}\sin\alpha)$$

$$= k\mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^{k} \times \frac{k + \cos\alpha}{\sin\alpha} - p$$

$$= k\frac{\left(\frac{dp}{d\alpha}\right)}{\sin\alpha} - p.$$

Donc

$$\rho = k\frac{\left(\frac{dp}{d\alpha}\right)}{\sin\alpha}.$$

La dérivée $\frac{dp}{d\alpha}$ est la distance PM du pied P de la perpendiculaire OP au point de contact M; $\rho\sin\alpha$ est la projection MH du rayon de courbure MN sur une parallèle à l'axe OX. L'équation précédente montre qu'on a l'égalité

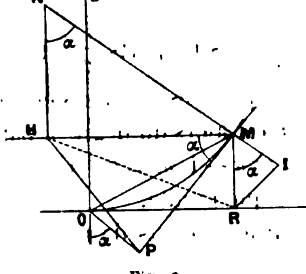


Fig. 9.

$$\frac{\rho\sin\alpha}{\left(\frac{dp}{d\alpha}\right)} = k = \frac{y}{p},$$

c'est-à-dire la proportion

$$\frac{\mathrm{MH}}{\mathrm{M}} = \frac{\mathrm{MR}}{\mathrm{OP}};$$

ou bien encore $\frac{\mathrm{MR}}{\mathrm{MH}} = \frac{\mathrm{OP}}{\mathrm{PM}}$, ce qui indique que l'angle MHR est égal à l'angle OMP $= \mu$.

Le centre de courbure N s'obtiendra en prenant sur la parallèle MH à l'axe des x une longueur MH $= k \times$ MP, et en élevant en H la perpendiculaire HN jusqu'à la rencontre de la normale. Si l'on prend MI $=$ OP sur le prolongement de la normale MN, et qu'on joigne RI et PH, ces deux droites sont perpendiculaires.

La construction ne donne rien pour le point O, et la formule se présente

sous la forme indéterminée $\frac{0}{0}$. Il faut alors chercher la vraie valeur de la fraction

$$k\frac{\left(\frac{dp}{d\alpha}\right)}{\sin\alpha}=k\mathrm{A}\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k\left(\frac{k+\cos\alpha}{\sin\alpha}\right),$$

dont les deux termes s'annulent à la fois. Pour cela, on remplacera $\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}$ par $\frac{\alpha}{2}$, $\cos\alpha$ par l'unité, $\sin\alpha$ par α, et il viendra

$$\rho=\frac{k(k+1)\mathrm{A}}{2^k}\times\lim\left(\alpha^{k-1}\right),$$

c'est-à-dire :

$$\rho=\infty,\quad \text{si } k<1,$$
$$\rho=0,\quad \text{si } k>1$$

et

$$\rho=\mathrm{A},\quad \text{si } k=1.$$

Lorsque $k>1$, le rayon de courbure au point O est nul, bien que la courbe soit tangente à l'axe OX. Il en est ainsi pour toute courbe qu'on peut représenter aux environs de l'origine par les équations simultanées

$$x=\mathrm{M}t^m,$$
$$y=\mathrm{N}t^n,$$

t désignant une variable infiniment petite, lorsque les rapports $\frac{y}{x}$ et $\frac{x^2}{y}$ sont nuls ensemble pour $t=0$; cela arrive lorsque n est compris entre m et $2m$. Il en est ainsi lorsque $k>1$, puisque x est alors du degré k par rapport à z, et y du degré $k+1$. On a donc $n=k+1$, $m=k$, et n est compris entre m et $2m$, dès que k est plus grand que l'unité.

Lorsque $k<1$, le rayon de courbure ρ est nul aux points de rebroussement de la courbe.

Si $k=1$, le rayon de courbure est constant et égal à A pour le cercle, et constant et infini pour la droite qui fait partie de la solution.

La rectification de la courbe à partir du point O s'obtiendra au moyen de la relation générale

$$ds=\rho d\alpha=\frac{d^2p}{d\alpha^2}d\alpha+pd\alpha,$$

qui donne, en intégrant,

$$s=\frac{dp}{d\alpha}+\int_0^\alpha pd\alpha,$$

en supposant que l'arc commence au point O, pour lequel on a à la fois $\alpha = 0$, et $\frac{dp}{d\alpha} = 0$.

On aura donc à l'intégrer la fonction

$$A\left(\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\right)^k \sin\alpha d\alpha,$$

ou bien, en posant $\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2} = z$, la fonction

$$4A\frac{z^{k+1}}{(1+z^2)^2}dz.$$

La différentielle $z^{k+1}(1+z^2)^{-2}dz$ rentre dans la classe des différentielles binômes, $x^m(a+bx^n)^{\frac{p}{q}}dx$, en faisant $m = k+1$, $n = 2$, $\frac{p}{q} = -2$. Les conditions d'intégrabilité dépendent de la valeur de k.

Lorsque k est entier, la fonction devient une fraction rationnelle, toujours intégrable en termes finis.

On peut aussi avoir recours au procédé d'intégration par les séries; mais alors il faut distinguer les deux cas de $z < 1$ et de $z > 1$, qui correspondent aux inégalités $\alpha < \frac{\pi}{2}$, $\alpha > \frac{\pi}{2}$.

Supposons d'abord que z, partant de 0, ait pour limite supérieure un nombre moindre que l'unité. On pourra développer en série la fonction $(1+z^2)^{-2}$, ce qui donne

$$(1+z^2)^{-2} = 1 - 2z^2 + 3z^4 - 4z^6 + \ldots\ldots - 2iz^{4i-2} + (2i+1)z^{4i}\ldots\ldots,$$

comme on peut le vérifier en multipliant les deux membres par $(1+z^2)^2$. Cette série est convergente pour toute valeur de z moindre que l'unité. Car les termes sont alternativement positifs et négatifs, et ils vont en décroissant en valeur absolue, si l'on a

$$(2i+1)z^{4i} < 2iz^{4i-2},$$

ou bien :

$$z^2 < \frac{2i}{2i+1},$$

inégalité à laquelle on pourra toujours satisfaire par des valeurs entières de i, pour peu que z^2 soit inférieur à l'unité.

Multiplions par $z^{k+1}dz$, et intégrons à partir de 0. Il viendra

$$\int_0^z \frac{z^{k+1}dz}{(1+z^2)^2} = \frac{z^{k+2}}{k+2} - 2\frac{z^{k+4}}{k+4} + 3\frac{z^{k+6}}{k+6} - 4\frac{z^{k+8}}{k+8}$$

$$\ldots\ldots - 2i\frac{z^{k+4i}}{k+4i} + (2i+1)\frac{z^{k+4i+2}}{k+4i+2}\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot,$$

série convergente pour toute valeur de z inférieure à l'unité. Car la convergence est assurée dès que les termes, alternativement positifs et négatifs, décroissent en valeur absolue, c'est-à-dire dès qu'on a l'inégalité

$$(2i+1)\frac{z^{k+4i+2}}{k+4i+2}<2i\frac{z^{k+4i}}{k+4i},$$

ou bien

$$z^2<\frac{2i(k+4i+2)}{(2i+1)(k+4i)} \quad \text{ou} \quad <\frac{2ik+8i^2+4i}{2ik+8i^2+4i+k},$$

nombre qui peut être rendu aussi voisin qu'on le voudra de l'unité, en donnant une valeur suffisamment grande à i.

La série intégrale est donc convergente pour $z<1$, mais elle n'est pas convergente pour $z=1$.

Supposons ensuite que la limite supérieure de z soit plus grande que l'unité. On devra alors décomposer l'intégrale en deux parties, en faisant varier z de 0 à l'unité, puis en faisant varier z de l'unité à la limite supérieure. Pour cette seconde partie, on développera en série $\left(1+\frac{1}{z^2}\right)^{-2}$ au lieu de $(1+z^2)^{-2}$, en observant qu'on a

$$\frac{z^{k+1}dz}{(1+z^2)^2}=\frac{z^{k-3}dz}{\left(1+\frac{1}{z^2}\right)^2}.$$

Il viendra

$$\left(1+\frac{1}{z^2}\right)^{-2}=1-\frac{2}{z^2}+\frac{3}{z^4}-\frac{4}{z^6}+\cdots\cdots-\frac{2i}{z^{4i-2}}+\frac{2i+1}{z^{4i}}\cdots\cdots,$$

série convergente pour toute valeur de z supérieure à l'unité. Multipliant ensuite par $z^{k-3}dz$ et intégrant, on aura une nouvelle série qui sera convergente dans les mêmes limites que la première, c'est-à-dire pour $z>1$. Les différents termes de la série intégrale renfermeront des puissances de z; mais il est possible que l'un de ces termes renferme le logarithme népérien de z. Cela arrive *lorsque k est un entier pair*. Car alors l'un des termes à intégrer, $z^{k-3}dz$, $z^{k-5}dz$, $z^{k-7}dz$,..... se réduit à $\frac{dz}{z}$, et donne par l'intégration le logarithme de z.

La série intégrale ne sera pas non plus convergente pour $z=1$; de sorte qu'en réalité, si la variable z doit traverser la valeur 1, il convient de décomposer l'intégrale en trois parties, savoir :

$$\int_0^{1-\varepsilon}\frac{z^{k+1}dz}{(1+z^2)^2}+\int_{1-\varepsilon}^{1+\varepsilon}\frac{z^{k+1}dz}{(1+z^2)^2}+\int_{1+\varepsilon}^{z}\frac{z^{k+1}dz}{(1+z^2)^2},$$

ε étant un nombre aussi petit qu'on voudra; la partie médiane échappe aux développements déjà obtenus, tandis que les deux développements font connaître les deux parties extrêmes. Pour obtenir approximativement la partie médiane, on observera que, si ε est suffisamment petit, on peut substituer sans erreur sensible la tangente à la courbe entre les limites $1-\varepsilon$ et $1+\varepsilon$, de sorte que l'aire de la courbe, entre ces mêmes limites, est égale sensiblement au produit de sa base 2ε par l'ordonnée correspondante à $z=1$, ordonnée qui est égale à $\frac{1}{4}$. En définitive, on a, par approximation,

$$\int_{1-\varepsilon}^{1+\varepsilon} \frac{z^{k+1}dz}{(1+z^{k})^{2}} = \frac{\varepsilon}{2}.$$

Le développement en série, ordonnée suivant les puissances successives de ε, ferait connaître des valeurs plus approchées de cette intégrale.

Lorsque l'arc s sera connu en fonction de α, le mouvement du bâtiment le long de sa trajectoire sera donné par l'équation $s=vt$, où v est une vitesse constante, le temps t étant supposé compté à partir du passage du mobile au point O. Mais cette formule ne s'applique en réalité au problème que quand le sens de la vitesse est d'accord avec les conditions de l'énoncé.

Venons à la propriété géométrique que nous avons annoncée plus haut.

Fig. 10.

Tout le long de la courbe OM, on a la relation

$$y=kp,$$

entre les longueurs $MR=y$, $OP=p$. Multiplions l'équation par l'arc $ds=MM'$. Il vient

$$yds=kpds.$$

Or, pds est le double de l'aire du triangle OMM' engendré par le rayon vecteur OM. Soit Ω l'aire totale de la courbe polaire, depuis le point O jusqu'à un rayon vecteur quelconque. On aura $OMM'=d\Omega$, et $pds=2d\Omega$.

D'un autre côté, yds est le moment de l'arc par rapport à OX, et $2\pi yds$ est la surface de la zone élémentaire engendrée par l'arc MM', quand il fait une révolution entière autour de l'axe OX. Désignons par S l'aire engendrée par l'arc OM tout entier. On aura

$$2\pi yds=dS.$$

Substituons à ρds et à $y ds$ leurs valeurs en fonction de dS et de $d\Omega$. Il viendra

$$\frac{dS}{2\pi} = 2k d\Omega,$$

et, par suite,

$$S = 4k\pi\Omega,$$

en observant que les deux aires S et Ω s'annulent ensemble au point O. On voit qu'elles sont constamment proportionnelles, de sorte qu'*il existe un rapport constant, $4k\pi$, entre la surface de la zone engendrée par la révolution d'un arc quelconque autour de l'axe polaire* OX, *et l'aire polaire plane qui a ce même arc pour base.*

La surface S de la zone est elle-même égale au produit de l'arc s par la circonférence décrite par le centre de gravité de l'arc. Appelons y_1 l'ordonnée du centre de gravité. On aura

$$S = s \times 2\pi y_1 = 4k\pi\Omega,$$

et, par conséquent,

$$y_1 = 2k\frac{\Omega}{s}.$$

La distance du centre de gravité d'un arc de la courbe à l'axe polaire OX est égale au produit par $2k$ du rapport de l'aire polaire à l'arc.

La courbe devenant un cercle pour $k = 1$, la formule $y_1 = \frac{2\Omega}{s}$ fait connaître la distance du centre de gravité d'un arc de cercle à la tangente à la circonférence. Il est aisé de le vérifier.

M. Ém. LEMOINE

Ancien Élève de l'École polytechnique, à Paris.

PROPRIÉTÉS RELATIVES A DEUX POINTS ω, ω' DU PLAN D'UN TRIANGLE ABC QUI SE DÉDUISENT D'UN POINT K QUELCONQUE DU PLAN COMME LES POINTS DE BROCARD SE DÉDUISENT DU POINT DE LEMOINE.

— Séance du 13 août 1885 —

En 1873, au Congrès de Lyon, et en 1874, au Congrès de Lille, je me suis occupé d'un point remarquable que j'avais appelé, dans ces communications, *centre des médianes antiparallèles*. Ce point jouit de propriétés aussi nombreuses qu'intéressantes, et il est surprenant qu'il n'ait pas été,

avant cela, remarqué en lui-même comme un des éléments les plus importants à considérer dans le triangle, à l'égal du centre de gravité, de l'orthocentre, par exemple. Mais il se présente si souvent, et dans des questions si diverses, que presque tous les auteurs qui se sont occupés de la géométrie du triangle l'ont rencontré isolément dans quelqu'une de ses propriétés. Aucun ne les avait reliées par cette observation que les divers points désignés par des propriétés différentes n'en faisaient qu'un et que, en y ajoutant de nombreuses propositions nouvelles — qui se sont présentées d'elles-mêmes dès que j'eus l'attention fixée sur ce sujet — on forme comme une nouvelle branche dans les éléments de la géométrie du triangle.

La remarque arrivait au moment favorable, car M. *Brocard* commença bientôt, de son côté, à étudier deux points et un cercle (qui maintenant portent son nom), dont les propriétés se trouvent être en connexion intime avec celles du point dont je viens de parler; aussi les deux notions s'éclairent mutuellement et sont à la base de toutes ces nouvelles questions.

La plupart des géomètres qui s'occupent de cette géométrie m'ayant fait, à la suite de M. *J. Neuberg*, l'honneur d'appeler *point de Lemoine* le *centre des médianes antiparallèles*, j'adopterai cette dénomination dans l'étude que je vous soumets en ce moment.

§ I.

Je rappelle d'abord les définitions du point de *Lemoine* et des points de *Brocard.*

Soient ABC un triangle, C'B' une droite qui coupe AC en C', AB en B', de telle sorte que le quadrilatère BCB'C' soit inscriptible à une circonférence, on dit que C'B' est une antiparallèle de CB; cela posé, les milieux de toutes les antiparallèles de CB sont sur une ligne droite qui passe en A, droite que j'appelais la *médiane antiparallèle* de CB (nous l'appellerons dorénavant *symédiane*, suivant la désignation abréviative proposée par M. *Maurice d'Ocagne*). On a le théorème suivant :

Dans un triangle ABC, *les trois médianes antiparallèles se coupent en un point* K, *centre des médianes antiparallèles*; ou :

Les trois symédianes d'un triangle concourent au point de LEMOINE, K.

(Congrès de Lyon, *Association française pour l'avancement des sciences*, p. 90 et suiv., 1873.)

Les points ω et ω' de *Brocard* sont définis par les égalités d'angles :

$$\omega AC = \omega BA = \omega CB\,; \qquad \omega' AB = \omega' BC = \omega' CA.$$

(Nouvelles Annales de mathématiques, 1875, p. 192.)

Ces définitions posées, nous avons déduit de K les points ω, ω' par la construction suivante :

Soit ABC *un triangle*, K *le point de* Lemoine, α, β, γ *les points où* AK, BK, CK *coupent* BC, AC, AB; *je pars de* α *sur le périmètre en suivant le sens* ABC *et j'appelle* μ *l'intersection de* CA *(qui, dans le sens adopté, suit* BC) *avec la parallèle menée par* α *au troisième côté; je fais la construction analogue en marchant dans le même sens pour les points* β, γ; *j'obtiens ainsi* ν *sur* AB *et* λ *sur* BC; *les trois droites* $A\lambda$, $B\mu$, $C\nu$ *se coupent en* ω. *C'est le point direct de* Brocard.

Je pars de α *sur le périmètre en suivant le sens* CBA *et j'appelle* ν' *l'intersection de* BA *(qui, dans le sens adopté, suit* CB), *avec la parallèle menée par* α *au troisième côté; je fais la construction analogue en marchant dans le même sens pour les points* γ, β; *j'obtiens* μ' *sur* AC, λ' *sur* BC; *les trois droites* $A\lambda'$, $B\mu'$, $C\nu'$ *se coupent en* ω'. *C'est le point rétrograde de* Brocard.

On voit facilement que, si l'on construit au moyen d'un point K_1 (quelconque du plan), les points ω_1, ω'_1 de la même façon que l'on a construit ω et ω' au moyen du point de *Lemoine*, l'on peut projeter ce triangle sur un plan, de façon que la projection de K_1 sur ce plan soit le point de *Lemoine* de la projection du triangle donné, les projections de ω_1, ω'_1 seront alors évidemment les points de *Brocard* de ce triangle projeté.

On voit donc d'abord le lien immédiat qu'il y a entre le point de *Lemoine* et les points de *Brocard*, puisque ceux-ci s'en déduisent, et l'on voit aussi que si au moyen d'un point quelconque K du plan d'un triangle ABC on détermine deux points ω, ω' par une construction analogue, on aura un groupe de trois points K, ω, ω' qui jouiront de toutes les propriétés projectives du groupe formé par les points de *Lemoine* et de *Brocard*. C'est l'étude des propriétés générales de ce groupe K, ω, ω' qui fait le sujet du mémoire publié dans les *Nouvelles Annales*, mai 1885, p. 201 et suiv.

Il est évident que rien n'est plus simple que de pousser plus loin la généralisation, comme je l'indique à la fin du mémoire des *Nouvelles Annales*, par projection conique, et ce ne serait pas la peine de faire cette généralisation en détail s'il ne s'agissait que d'énoncer les propositions, mais il est très remarquable que les équations des lignes, les coordonnées des points aient une forme tout aussi simple dans le cas général que dans les cas particuliers examinés; il est, par suite, intéressant de les présenter dans toute leur généralité; les théorèmes de notre mémoire des *Nouvelles Annales*, déjà cité, et les propositions relatives aux points de *Brocard* et de *Lemoine*, plus particulières encore, s'en déduisent immédiatement. C'est cette généralisation que nous allons faire en y ajoutant quelques propriétés nouvelles.

§ II.

1. ABC, triangle de référence : $BC = a$, $AC = b$, $AB = c$.
K, point dont les coordonnées sont : x, y, z.
AK, BK, CK coupent respectivement : BC, AC, AB aux points :

$$\alpha \parallel o, y, z; \beta \parallel x, o, z; \gamma \parallel x, y, o.$$

ABC et $\alpha\beta\gamma$ ont pour axe d'homologie : $\frac{\xi}{x} + \frac{\eta}{y} + \frac{\zeta}{z} = o$.

$A_aB_bC_c$ est une droite quelconque donnée, que nous appellerons Δ et qui coupe BC, AC, AB respectivement en A_a, B_b, C_c. Soit $A\xi + B\eta + C\zeta = o$ l'équation de Δ, les coordonnées de A_a, B_b, C_c seront respectivement :

$$o, \frac{1}{B}, -\frac{1}{C}; \frac{1}{A}, o, -\frac{1}{C}; \frac{1}{A}, -\frac{1}{B}, o.$$

Soient A'_a, B'_b, C'_c les conjugués harmoniques de A_a, B_b, C_c, par rapport à BC, AC, AB.

Je pars de α *(en suivant sur le périmètre de* ABC *le sens* ABC*) et j'appelle* μ *l'intersection de* CA *(côté qui suit* BC*) avec la droite* αC_c*; de même* ν *et* λ *les intersections de* βA_a *et de* γB_b *avec* AB *et* BC*; les trois droites* $A\lambda$, $B\mu$, $C\nu$ *se coupent en un point* ω, *que j'appelle point* DIRECT *par rapport à* K.

Je pars de α *(en suivant sur le périmètre du triangle le sens* CBA*) et j'appelle* μ', ν', λ' *les intersections de* γA_a, αB_b, βC_c, *avec* AC, AB, BC*; les trois droites* $A\lambda'$, $B\mu'$, $C\nu'$ *se coupent en un point* ω', *que j'appelle point* RÉTROGRADE *par rapport à* K.

2. αC_c, βA_a, γB_b ont respectivement pour équations :

$$\xi\frac{z}{B} + \eta\frac{z}{A} - \zeta\frac{y}{A} = o; -\xi\frac{z}{B} + \eta\frac{x}{C} + \zeta\frac{x}{B} = o; \xi\frac{y}{C} - \eta\frac{x}{C} + \zeta\frac{y}{A} = o.$$

αB_b, βC_c, γA_a ont respectivement pour équations :

$$\xi\frac{y}{C} - \eta\frac{z}{A} + \zeta\frac{y}{A} = o; \xi\frac{z}{B} + \eta\frac{z}{A} - \zeta\frac{x}{B} = o; -\xi\frac{y}{C} + \eta\frac{x}{C} + \zeta\frac{x}{B} = o.$$

λ, μ, ν ont respectivement pour coordonnées :

$$o, yC, xA; yB, o, zA; zB, xC, o.$$

λ' μ', ν' ont respectivement pour coordonnées :

$$o, xA, zB; xC, o, yB; zC, yA, o.$$

3. Les six points λ, μ, ν, λ', μ', ν' sont sur la conique :

$$ABC \sum Ayz\xi^2 - \sum CB\zeta\eta(A^2x^2 + BCyz) = o.$$

4. ω a pour coordonnées $\frac{B}{z}, \frac{C}{x}, \frac{A}{y}$; ω' a pour coordonnées: $\frac{C}{y}, \frac{A}{z}, \frac{B}{x}$.

Appelons E le point qui a pour coordonnées : $\frac{1}{A}, \frac{1}{B}, \frac{1}{C}$.

Nous poserons toujours pour abréger :

$$A^2x^2 - yzBC = A_1;\ B^2y^2 - zxCA = B_1;\ C^2z^2 - xyAB = C_1.$$

L'équation de $\omega\omega'$ est :

$$\frac{A_1}{x}\xi + \frac{B_1}{y}\eta + \frac{C_1}{z}\zeta = o, \qquad (1).$$

Si K décrit la droite $\mathfrak{A}\xi + \mathfrak{B}\eta = o$, qui passe en C, ω décrira la droite $\mathfrak{A}C\zeta + \mathfrak{B}A\eta = o$, qui passe en A, et ω' la droite $\mathfrak{B}C\zeta + \mathfrak{A}B\xi = o$, qui passe en B.

Si K décrit la droite $\mathfrak{A}\xi + \mathfrak{B}\eta + \mathfrak{C}\zeta = o$, ω et ω' décriront respectivement les coniques :

$$\frac{\mathfrak{C}B}{\xi} + \frac{\mathfrak{A}C}{\eta} + \frac{\mathfrak{B}A}{\zeta} = o,\quad \frac{\mathfrak{B}C}{\xi} + \frac{\mathfrak{C}A}{\eta} + \frac{\mathfrak{A}B}{\zeta} = o.$$

Les points K et ω, ainsi que les points K et ω', satisfont à une transformation birationnelle, c'est-à-dire que si l'un d'eux décrit une droite, l'autre décrit une conique.

Si ω décrit une droite, ω' décrit une droite et réciproquement, c'est une transformation homographique.

Si K décrit la droite $\frac{b}{C}\xi + \frac{c}{A}\eta + \frac{a}{B}\zeta = o$, ω décrira la circonférence ABC.

Si K décrit la droite $\frac{c}{B}\xi + \frac{a}{C}\eta + \frac{b}{A}\zeta = o$, ω' décrit la circonférence ABC.

Si K est au point :

$$\frac{a^2A^2 - bcBC}{a},\ \frac{b^2B^2 - caCA}{b},\ \frac{c^2C^2 - abAB}{c},$$

ω et ω' seront sur la circonférence ABC.

Si K décrit la droite EA_a, $\omega\omega'$ coupe Δ au même point que AK.

Si K décrit la droite AA'_a, $\omega\omega'$ coupe Δ en A_a.

Et une foule de théorèmes analogues qui prennent une forme géométrique plus élégante, si Δ est transportée à l'infini, c'est-à-dire si les quantités A, B, C sont prises respectivement égales à a, b, c.

5. Donnons encore une proposition assez élégante qui se rapporte au cas où Δ est à l'infini.

Si K *appartient à la droite qui joint le symétrique de* C *par rapport au*

milieu de AB *au pied sur* AB *de la symédiane partant de* C (droite qui a pour équation : $-ab^2\xi + a^2b\eta + c(a^2 - b^2)\zeta = o$), *les quatre points* λ, μ, λ', μ' *appartiennent à une même circonférence.*

Il y a trois droites analogues qui se coupent au point Φ :

$$\frac{a^2(b^2+c^2)-b^2c^2}{a}, \frac{b^2(a^2+c^2)-a^2c^2}{b}, \frac{c^2(a^2+b^2)-a^2b^2}{c};$$

pour ce point et pour ce point seulement, la conique λ, μ, ν, λ', μ', ν', *est un cercle.*

L'équation de ce cercle λ, μ, ν, λ', μ', ν' est :

$$\sum a^2\xi^2[b^4c^4 - a^4(b^2-c^2)^2] + 2\sum b^2c^2\eta\zeta(a^2b^2 + a^2c^2 - c^2b^2 - 2a^4) = o.$$

Contrairement à ce que nous supposions (voir *Nouvelles Annales*, 1885, p. 217, VII), il n'y a pas plusieurs points pour lesquels λ, μ, ν, λ', μ', ν' soient sur une circonférence.

Quand λ et λ', μ et μ', ν et ν' se confondent deux à deux, c'est-à-dire lorsque K est le centre de gravité, λ et λ' étant au milieu de BC, μ et μ' au milieu de CA, ν et ν' au milieu de AB, ces six points, réduits à trois, sont bien sur une même circonférence, mais cette circonférence coupe les côtés en trois autres points, et par conséquent ce n'est pas la conique dont les six intersections avec les côtés sont des points λ, μ, ν, λ' μ' ν'.

Le point Φ se trouve sur l'hyperbole équilatère :

$$a^2\xi^2(c^2-b^2) + b^2\eta^2(a^2-c^2) + c^2\zeta^2(b^2-a^2) = o.$$

Cette hyperbole, qui est à elle-même son associée (voir Comptes rendus du Congrès de Blois, 1884, p. 49 et suiv.), passe par les centres du cercle inscrit, et des cercles ex-inscrits au triangle ABC, par le centre de gravité et par les points symétriques des sommets par rapport au milieu des côtés opposés ; elle a son centre au point $\frac{1}{a(b^2-c^2)}, \frac{1}{b(c^2-a^2)}, \frac{1}{c(a^2-b^2)}$ sur le cercle circonscrit.

Remarque. — λ et λ' se confondent si K est sur l'ellipse $a^2\xi^2 - bc\eta\zeta = o$, qui touche AB en B, AC en C et passe par le centre de gravité.

De même, μ et μ' se confondent, etc.

§ III.

1. Reprenons maintenant le cas général.

La conique ω, ω', A, B, C a pour équation :

$$\frac{A_1}{A\xi} + \frac{B_1}{B\eta} + \frac{C_1}{C\zeta} = o. \qquad (2)$$

Si K appartient à l'une des trois coniques $A^2\xi^2 - BC\eta\zeta = o$... qui passent par E et touchent deux côtés du triangle aux extrémités du troisième, la

conique (2) se décompose en deux droites, dont l'une est un côté et l'autre la droite $\omega\omega'$, qui passe alors par le sommet opposé à ce côté.

2. Si A_1, B_1, C_1 sont les intersections respectives de $B\omega'$ avec $C\omega$, de $C\omega'$ avec $A\omega$, de $A\omega'$ avec $B\omega$, si A'_1, B'_1, C'_1 sont les intersections respectives de $C\omega'$ avec $B\omega$, de $A\omega'$ avec $C\omega$, de $B\omega'$ avec $A\omega$, A_1, B_1, C_1 auront pour coordonnees :

$$xBC,\ zC^2,\ yB^2;\ zC^2,\ yCA,\ xA^2;\ yB^2,\ xA^2,\ zAB.$$

A'_1, B'_1, C'_1 auront pour coordonnées :

$$yzBC,\ y^2AB,\ z^2AC;\ x^2AB,\ xzAC,\ z^2CB;\ x^2AC,\ y^2CB,\ zyAB.$$

ABC, $A_1B_1C_1$ sont homologiques ; leur centre D d'homologie a pour coordonnées $\frac{1}{A^2x}, \frac{1}{B^2y}, \frac{1}{C^2y}$; l'axe d'homologie G a pour équation :

$$\frac{A}{A_1}\xi+\frac{B}{B_1}\eta+\frac{C}{C_1}\zeta=o.$$

Les équations de B_1C_1, A_1C_1, A_1B_1 sont :

$$AA_1\xi+\eta_1BC_1+\zeta CB_1=o.....$$

Remarque. — Soit Π le point où CD coupe AB. On a :

$$\frac{\Pi A}{\Pi B}=\frac{bxA^2}{ayB^2}.$$

3. Les triangles ABC, $A'_1B'_1C'_1$ sont homologiques.

Leur centre d'homologie D' a pour coordonnées : Ax^2, By^2, Cz^2.

L'axe d'homologie est aussi G ; donc, B_1C_1 et $B'_1C'_1$ se coupent sur BC.

Les équations de $B'_1C'_1$, $A'_1C'_1$, $A'_1B'_1$ sont :

$$A_1BCyz\xi+C_1BAx^2\eta+B_1CAx^2\zeta=o.....$$

Remarque. — Soit Π' le point où CD' coupe AB ; on a :

$$\frac{\Pi'A}{\Pi'B}=\frac{bBy^2}{aAx^2}.$$

Il résulte de ce qui précède que, si deux points (x, y, z), (x', y', z') ont entre leurs coordonnées la relation $A^2x^2x'=B^2y^2y'=C^2z^2z'$, le point D', obtenu en prenant (x, y, z) pour point K, coïncidera avec D, obtenu en prenant (x', y', z') pour point K.

4. La conique A_1, B_1, C_1, ω, ω' a pour équation :

$$(3)\qquad Ayz\xi^2+Bxz\eta^2+Cxy\zeta^2-Ax^2\eta\zeta-By^2\xi\zeta-Cz^2\eta\xi=o,$$

ou

$$\sum Ayz\xi^2-\sum Ax^2\eta\zeta=o,$$

elle passe par le point $K(x, y, z)$ et par le point

$$O_k : x(By+Cz-Ax),\ y(Ax+Cz-By),\ z(By+Ax-Cz),$$

pôle de Δ, par rapport à la conique $\frac{A}{\xi}+\frac{B}{\eta}+\frac{C}{\zeta}=o$.

La conique (3), c'est la conique que nous nommerons *des sept points*.

L'équation (3) reste la même si l'on change ξ, η, ζ en x, y, z et réciproquement.

Donc : *Si l'on prend un point* Θ *de la conique des sept points qui correspond à* K, *la conique des sept points qui correspond à* Θ *passera en* K.

5. La conique A_1, B'_1, C'_1, ω, ω' a pour équation :

$$ABC\sum Ayz\xi^2+\sum B^2C^2yz\eta\zeta=o;$$

elle passe par le point E.

§ IV.

1. Les droites KA_1, KB_1. KC_1 ont pour équations :

$$(By+Cz)\xi-Bx\eta-Cx\zeta=o.....$$

Elles coupent respectivement BC, AC, AB en A_a, B_b, C_c; donc *les droites* A_1A_a, B_1B_b, C_1C_c *se coupent en* K.

2. Lorsque K varie, Δ restant invariable, les droites $\mu\nu'$, $\nu\lambda'$, $\lambda\mu'$, qui ont respectivement pour équations $Azy\xi-Cz^2\eta-By^2\zeta=o$,..., sont tangentes respectivement aux coniques :

$$A^2\xi^2-4BC\eta\zeta=o;\ B^2\eta^2-4AC\xi\zeta=o;\ C^2\zeta^2-4AB\xi\eta=o.$$

Ces coniques touchent respectivement :

AC en C, AB en B et Δ en $-\frac{1}{A}$, $\frac{1}{2B}$, $\frac{1}{2C}$;

BA en A, BC en C et Δ en $\frac{1}{2A}$, $-\frac{1}{B}$, $\frac{1}{2C}$;

CB en B, CA en A et Δ en $\frac{1}{2A}$, $\frac{1}{2B}$, $-\frac{1}{C}$.

Ces coniques sont des paraboles si Δ est tangente à l'une des paraboles :

$$a^2\xi^2-4bc\eta\zeta=o;\ b^2\eta^2-4ac\xi\zeta=o...$$

si souvent rencontrées déjà dans l'étude des points de *Brocard* et de *Lemoine*.

3. Signalons, en passant, une des propriétés de ces paraboles, que nous croyons nouvelle.

Si, dans un triangle ABC, *l'on considère une sécante* $A_aB_bC_c$ *coupant* BC,

en A_a, *etc., le produit* $AC_c \times CB_b$ *sera maximum ou minimum parmi ceux correspondant à toutes les droites passant en* A_a, *lorsque* $A_aB_bC_c$ *touchera la parabole* $a^2\xi^2 - 4bc\eta\zeta = o$. (Voir *Journ. de math. élém.*, 1884, p. 226.)

4. *Les trois droites qui joignent respectivement* A, B, C *aux points de contact de* Δ *avec les coniques* $A^2\xi^2 - 4BC\eta\zeta = o$....., *se coupent en* E.

5. *Les points de contact de* $\mu\nu'$ $\nu\lambda'$, $\lambda\mu'$, *respectivement avec ces coniques, sont :*

$$\frac{1}{Ayz}, \frac{1}{2Cz^2}, \frac{1}{2By^2}; \frac{1}{2Cz^2}, \frac{1}{Bxy}, \frac{1}{2Ax^2}; \ldots\ldots$$

Les trois droites qui joignent respectivement A, B, C *au point de contact de* $\mu\nu'$ *avec* $A^2\xi^2 - 4BC\eta\zeta = o$, *de* $\nu\lambda'$ *avec* $B^2\eta^2 - 4AC\xi\zeta = o$,..... *se coupent au point* Ax^2, By^2, Cz^2, *c'est-à-dire du point* D'.

6. *Enfin, lorsque* Δ *varie,* K *restant invariable, les droites* $\mu'\nu$, $\nu'\lambda$, $\lambda'\mu$, *qui ont pour équations :* $BCyz\xi - B^2xy\eta - Cxz\zeta = o$....., *sont tangentes respectivement aux coniques :*

$$yz\xi^2 - 4x^2\eta\zeta\, o;\; zx\eta^2 - 4y^2\zeta\xi = o;\; xy\zeta^2 - 4z^2\xi\eta = o,$$

qui touchent deux côtés du triangle aux extrémités du troisième.

7. *Les points de contact de* $\mu'\nu$, $\nu'\lambda$, $\lambda'\mu$ *avec ces coniques sont respectivement :*

$$\frac{1}{CByz}, \frac{1}{2B^2xy}, \frac{1}{2C^2xz}; \frac{1}{2A^2yx}, \frac{1}{ACxz}, \frac{1}{2C^2yz}; \ldots\ldots$$

les trois droites qui joignent respectivement A, B, C *au point de contact de* $\mu'\nu$ *avec* $yz\xi^2 - 4x^2\eta\zeta = o$, *de* $\nu'\lambda$ *avec* $zx\eta^2 - 4y^2\zeta\xi = o$..... *se coupent au point :*

$$\frac{1}{A^2x}, \frac{1}{B^2y}, \frac{1}{C^2z},$$

c'est-à-dire en D_γ.

8. Étudions les coniques $\zeta^2xy - 4\xi\eta x^2 = o$..... que nous venons de considérer.

Celle qui touche CB en B, CA en A a son centre bxy, axy, $-2cz^2$ sur la médiane partant de C.

C'est une ellipse si K est à l'intérieur de l'ellipse $c^2\zeta^2 - ab\xi\eta = o$, déjà étudiée. (Voir *Nouv. Ann.*, 1885, p. 204, et *Journ. de math. spéciales*, p. 130, 1885.)

C'est une parabole si K est sur cette ellipse, une hyperbole dans tous les autres cas.

Lorsque le point K est sur cette ellipse, $\lambda\mu'$ et $\mu\lambda'$ sont toutes deux tangentes à la même parabole $c^2\zeta^2 - 4ab\eta\xi = o$.

CK coupe la conique $\zeta^2xy - 4\xi\eta x^2 = o$ aux points $M_c \parallel x, y, 2z$; $M' \parallel x, y, -2z$, et la droite inverse de CK (droite symétrique de CK par

rapport à la bissectrice de ACB) coupe cette conique en $N_c \parallel y, x, 2z$; $N'_c \parallel y, x, -2z$, points très faciles à construire.

M_cN_c et $M'_cN'_c$ passent par le pied sur AB de la bissectrice extérieure de l'angle C.

$M_cN'_c$ et M'_cN_c passent par le pied sur AB de la bissectrice intérieure de l'angle C.

La courbe passe encore par les points $\frac{x}{4}, y, -z$; $x, \frac{y}{4}, -z$; $y, \frac{x}{4}, z$; $y, \frac{x}{4}, -z$; $\frac{y}{4}, x, z$; $\frac{y}{4}, x, -z$; $\frac{x}{4}, y, z$; $x, \frac{y}{4}, z$. Ces deux derniers points sont respectivement sur AK et sur BK.

§ V.

1. Les droites A_1E, B_1E, C_1E coupent respectivement C_1B_1, A_1C_1, A_1B_1 aux conjugués harmoniques M_1, N_1, P_1 par rapport à B_1 et à C_1, à A_1 et à C_1, à B_1 et à A_1, des points où B_1C_1, A_1C_1, B_1A_1 coupent Δ.

2. Les droites ωE, $\omega' E$, DE coupent respectivement $\omega' D$, ωD, $\omega\omega'$ aux conjugués harmoniques, par rapport à ω' et à D, à ω et à D, à ω et à ω' des points où $\omega' D$, ωD, $\omega\omega'$ coupent Δ.

Si S est le point dont les coordonnées sont :

$$x(By + Cz),\ y(Cz + Ax),\ z(Ax + By),$$

ce point est le conjugué harmonique, par rapport à ω et ω', du point où $\omega\omega'$ coupe Δ.

Les trois points A_a, M_1, S sont en ligne droite.

3. Les droites AK, BK, CK coupent la conique (3) des sept points en A_2, B_2, C_2.

A_2 a pour coordonnées :

$$\frac{1}{Ayz},\ \frac{1}{z(By + Cz - Ax)},\ \frac{1}{y(By + Cz - Ax)},$$

de même, B_2 et C_2.

L'équation de A_1A_2 est :

$$A(zC - By)\xi + B(By - Ax)\eta + C(Ax - Cz)\zeta = o ;$$

on aurait de même celles de B_1B_2, C_1C_2.

Les trois droites A_1A_2, B_1B_2, C_1C_2 passent en E, centre d'homologie de $A_1B_1C_1$ et de $A_2B_2C_2$.

L'axe d'homologie G_2 de ces deux triangles est la polaire de E, par rapport à la conique (3) des sept points. Son équation est :

$$A(By - Cz)^2\xi + B(Cz - Ax)^2\eta + C(Ax - By)^2\zeta = o.$$

L'équation de DO_k est :

$$A^2(B_1+C_1)(Cz-By)x\xi+B^2(A_1+C_1)(Ax-Cz)y\eta+C^2(A_1+B_1)(By-Ax)z\zeta=o,$$

Soit S' le point qui a pour coordonnées :

$$-\frac{1}{A(By+Cz)},\ \frac{1}{B(Cz+Ax)},\ \frac{1}{C(Ax+By)}.$$

Les trois points A, M_1, S' sont en ligne droite, ainsi que B, N_1, S' et C, P_1, S'.

D' est le pôle de $\omega\omega'$, par rapport à la conique (3) des sept points.

Les deux triangles ABC, $A_2B_2C_2$ ont K pour centre d'homologie.

Leur axe d'homologie a pour équation :

$$\sum\frac{A\xi}{By+Cz-2Ax}=o.$$

B'_bC_2 a pour équation $Ay\xi+(By-Cz)\eta-yC\zeta=o$.

A'_aC_2 a pour équation $\xi(Ax-Cz)+\eta Bx-\zeta Cx=o$.

C'_cC_2 a pour équation $A\xi-B\eta+\dfrac{C(By-Ax)\zeta}{By+Ax-Cz}=o$.

La ligne qui joint B au point où A'_aC_2 coupe Δ a pour équation :

$$\xi z+2\zeta x=o.$$

4. Soit J_c le point où CC_2 coupe la ligne qui joint B au point où A'_aC_2 coupe Δ. J_c a pour coordonnées : $x,\ y,\ -\frac{1}{2}z$.

Remarquons que J_c est indépendant de Δ.

J_c est sur KC ; C et C_2 sont conjugués harmoniques, par rapport à J_c et à K.

L'équation de J_cC_c est : $Az\xi+Bz\eta+2(Ax+By)\zeta=o$.

L'équation de $J_cC'_c$ est : $Az\xi-Bz\eta+2(Ax-By)\zeta=o$.

J_cC_c coupe CC'_c en I_c, point qui a pour coordonnées :

$$\frac{1}{Az},\ \frac{1}{Bz},\ -\frac{1}{Ax+By}.$$

L'équation de la conique $ABCJ_cI_c$ est :

$$\frac{x}{\xi}+\frac{y}{\eta}+\frac{z}{\zeta}=o\ ; \qquad (4)$$

elle est indépendante de D.

On en conclut le théorème suivant :

Le lieu de I_c, quand Δ varie, K restant fixe, est la conique :

$$\frac{x}{\xi}+\frac{y}{\eta}+\frac{z}{\zeta}=o.$$

O_k est le pôle de Δ par rapport à cette conique.

En considérant les points J_a, J_b, I_a, I_b analogues à J_c, I_c, l'on a, pour chaque point K, et quel que soit Δ, la notion d'une conique bien déterminée, qui passe par les neuf points A, B. C, J_a, J_b, J_c, I_a, I_b, I_c; lorsque Δ varie, J_a, J_b, J_c restent fixes, et I_a, I_b. I_c se meuvent sur la conique.

Si K est le point de *Lemoine*, cette conique est le cercle circonscrit.

C'est une hyperbole équilatère si K décrit la droite :

$$\frac{\xi}{\cos A}+\frac{\eta}{\cos B}+\frac{\zeta}{\cos C}=o.$$

Cette droite est l'axe d'homologie de ABC et du triangle inscrit à ABC, qui a pour sommets les points où OA, OB, OC (O étant le centre du cercle circonscrit) coupent les côtés opposés.

La conique (4) est une parabole, une ellipse, ou une hyperbole, suivant que K est sur la conique maximum inscrite à ABC, à l'intérieur ou à l'extérieur de cette conique.

5. B'_bC_2 et AJ_c se coupent sur Δ au point :

$$Cz-2By,\ 2Ay,\ -zA.$$

A'_aC_2 et BJ_c se coupent sur Δ au point :

$$\frac{1}{z(Cz-2Ax)},\ \frac{1}{2Bxz},\ \frac{1}{2x(Cz-2Ax)}.$$

Le pôle Z de Δ, par rapport à la conique des sept points, a pour coordonnées : $(A_1-\Delta_1)x$, $(B_1-\Delta_1)y$, $(C_1-\Delta_1)z$, en posant :

$$\Delta_1=BCyz+CAxz+ABxy.$$

6. KO_k a pour équation :

$$yz(Cz-By)\xi+xz(Ax-Cz)\eta+xy(By-Ax)\zeta=o.$$

Elle est vérifiée par les coordonnées de Z ; donc, K, O_k, Z sont en ligne droite.

La polaire de C, par rapport à la conique des sept points, a pour équation :

$$By^2\xi+Ax^2\eta-2Cxy\zeta=o.$$

Le pôle de AB, par rapport à cette conique, a pour coordonnées :

$$\frac{1}{x(ACxz+2B^2y^2)},\ \frac{1}{y(BCyz+2A^2x^2)},\ \frac{1}{z(4ABxy+C^2z^2)}.$$

ABC et le triangle formé par les pôles de ses côtés, par rapport à la conique (3) des sept points, ont pour centre d'homologie le point :

$$\frac{x}{CBzy+2A^2x^2},\ \frac{y}{ACxz+2B^2y^2},\ \frac{z}{BAyx+2C^2z^2}.$$

Si l'on mène les tangentes en A, B, C à la conique (4) A, B, C, I_a, J_a ...., ces trois tangentes formeront un triangle homologique avec ABC. K est le centre d'homologie et l'axe d'homologie a pour équation :

$$\frac{\xi}{x}+\frac{\eta}{y}+\frac{\zeta}{z}=o.$$

Cette droite est aussi, comme on l'a vu, l'axe d'homologie de ABC et de $\alpha\beta\gamma$.

EZ a pour équation :

$$\sum A(B_1+C_1)(By-Cz)\xi=o.$$

EZ et DO_k se coupent sur la conique (4) A, B, C, I_a, J_a au point :

$$\frac{1}{A(B_1+C_1)}, \frac{1}{B(C_1+A_1)}, \frac{1}{C(A_1+}.$$

§ VI.

1. Remarquons que les points dont nous nous sommes occupés peuvent se grouper deux à deux en points se correspondant de telle façon que les produits $\xi\xi'$, $\eta\eta'$, $\zeta\zeta'$ de leurs coordonnées de même nom soient proportionnels à $\frac{x}{A}, \frac{y}{B}, \frac{z}{C}$;

Par exemple : ω et ω' ; E et K ; D et D' ; S et S' ; A_1 et A'_1, etc.

Le correspondant O'_k, de O_k, a pour coordonnées :

$$\frac{1}{A(By+Cz-Ax)}, \frac{1}{B(Ax+Cz-By)}, \frac{1}{C(Ax+By-Cz)}.$$

Le correspondant Z' de Z a pour coordonnées :

$$\frac{1}{A(A_1-\Delta_1)}, \frac{1}{B(B_1-\Delta_1)}, \frac{1}{C(C_1-\Delta_1)}.$$

On verrait facilement que Z, D', K, O_k ; E, S', D' ; O'_k, Z', S ; O_k, S', Z' ; K, S', D ; O'_k, Z, S', etc., sont des groupes de points en ligne droite.

2. La droite $\omega\omega'$ coupe sur Δ l'axe d'homologie de ABC et de $\alpha\beta\gamma$.

Si Δ est à l'infini et que K soit le point de *Lemoine*, on a le théorème :

La droite qui joint les points de Brocard *est parallèle à l'axe d'homologie de* ABC *et du triangle formé par les pieds des symédianes, c'est-à-dire perpendiculaire à* OK.

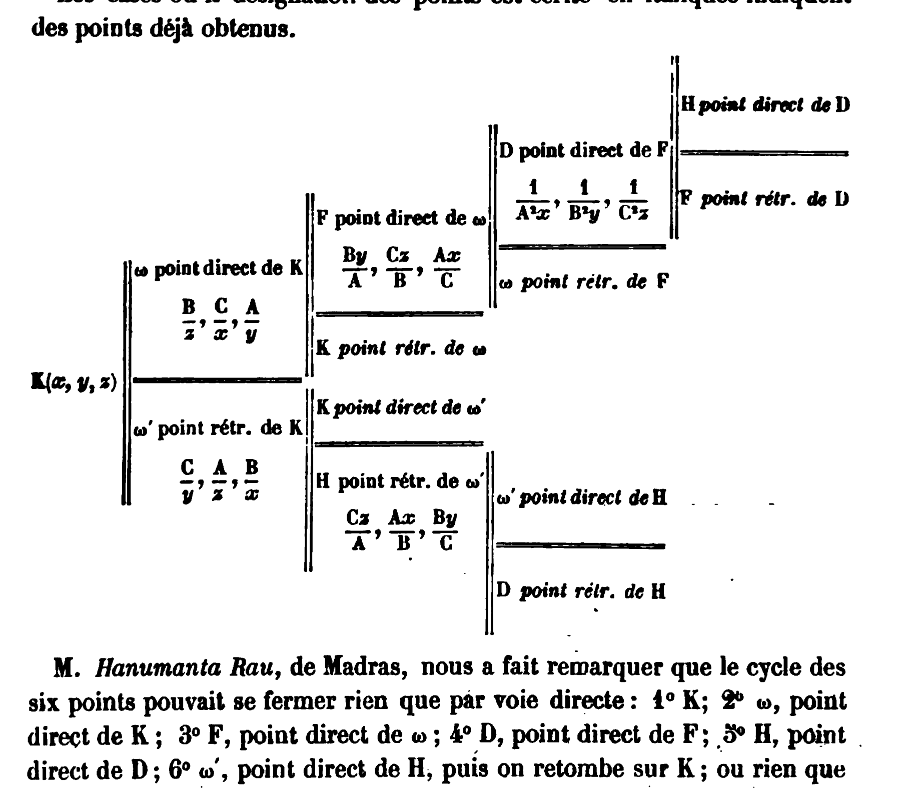
L'axe d'homologie de ABC *et de* $\alpha\beta\gamma$ *est aussi l'axe d'homologie de* ABC *et du triangle des tangentes menées en* A, B, C *au cercle circonscrit à* ABC; *c'est la polaire de* K *nommée par M.* Neuberg : *droite de* Lemoine.

§ VII.

1. *Si l'on part de* K *et que l'on cherche le point direct et le point rétrograde de* K, *puis le point direct et le point rétrograde de chacun de ces nouveaux points et ainsi de suite indéfiniment, on n'obtient que six points différents : 1° K ; 2° ω, point direct de* K *; 3° ω', point rétrograde de* K *; 4° F, point direct de ω ; 5° H, point rétrograde de ω' ; 6° D (centre d'homologie de* ABC *et* $A_1B_1C_1$), *point direct de* F.

Le tableau suivant montre bien comment se ferme le cycle de ces points.

Les cases où la désignation des points est écrite en italiques indiquent des points déjà obtenus.



M. *Hanumanta Rau*, de Madras, nous a fait remarquer que le cycle des six points pouvait se fermer rien que par voie directe : 1° K; 2° ω, point direct de K ; 3° F, point direct de ω ; 4° D, point direct de F ; 5° H, point direct de D ; 6° ω', point direct de H, puis on retombe sur K ; ou rien que par voie rétrograde : 1° K ; 2° ω' ; 3° H ; 4° D ; 5° F ; 6° ω, puis on retombe sur K.

2. D'une façon générale, si deux points ω || ξ, η, ζ ; ω' || ξ', η', ζ' sont tels que l'on ait :

$$\frac{A\xi'}{C\zeta}=\frac{B\eta'}{A\xi}=\frac{C\zeta'}{B\eta},$$

ω et ω' sont respectivement le point direct et le point rétrograde d'un point

K, dont les coordonnées sont : $\frac{B}{\zeta}, \frac{C}{\xi}, \frac{A}{\eta}$, ou, ce qui est la même chose, $\frac{C}{\eta}, \frac{A}{\zeta}, \frac{B}{\xi}$.

§ VIII.

1. Si, dans tout ce qui précède, on fait A, B, C proportionnels à a, b, c, c'est-à-dire si la droite Δ devient la droite de l'infini, on aura les résultats que nous avons donnés dans les *Nouvelles Annales*, p. 201 et suiv., 1885 (moins quelques détails qui se rapportent à des relations métriques convenant à ce cas particulier).

Si, de plus, on prend pour point K (x, y, z), le point de *Lemoine* (a, b, c), on retrouve les résultats de tout ce qui se rapporte aux points de *Brocard* et de *Lemoine* proprement dits. Cela devient ainsi le cas très particulier de propriétés générales fort élégantes et tout aussi simples. On voit facilement quelles sont les propriétés, déjà étudiées par divers géomètres pour le cas particulier d'abord remarqué des points de *Brocard* et de *Lemoine*, qui peuvent se généraliser d'une façon analogue. Nous allons en donner, pour terminer, un exemple pris de la conique circonscrite au triangle ABC et qui passe par le centre de gravité et par le point de concours des hauteurs.

2. En 1869 (*Nouv. Ann.*, p. 40-42), M. Kiepert fait voir que si, sur les trois côtés BC, CA, AB d'un triangle, on décrit des triangles semblables BCA′, CAB′, ABC′ (A′, B′, C′ étant tous au-dessus de BC, CA, AB ou tous au-dessous), le lieu du point de rencontre de AA′, BB′, CC′ est la conique circonscrite $\frac{\sin(B-C)}{\xi} + \frac{\sin(C-A)}{\eta} + \frac{\sin(A-B)}{\zeta} = o$. C'est cette conique que, après M. *Neuberg*, on appelle maintenant l'hyperbole de *Kiepert*.

En 1873 (au Congrès de Lyon, *loc. cit.*, p. 94), je trouve aussi cette équation pour celle de la conique circonscrite passant par le centre de gravité, le point de concours des hauteurs (ce qui montre que la conique est une hyperbole équilatère), et aussi *par le point* I, *d'où l'on voit les trois côtés sous le même angle*. Désignons cette conique par Γ, comme l'a fait M. *Brocard* dans diverses études où il la considère.

Les coordonnées du point I sont :

$$\frac{1}{\sin(A+60)}, \frac{1}{\sin(B+60)}, \frac{1}{\sin(C+60)}.$$

Remarquons, en passant, que les deux points φ_1, φ_2 de Γ qui corres-

pondent aux triangles isocèles BA′C, CB′A, AC′B, dont l'angle à la base est φ, ont pour coordonnées :

$$\frac{1}{\sin(A-\varphi)},\ \frac{1}{\sin(B-\varphi)},\ \frac{1}{\sin(C-\varphi)}$$

pour le point φ_1, tel que A′, B′, C′ sont du côté opposé à A, B, C, par rapport à BC, AC, AB, et

$$\frac{1}{\sin(A+\varphi)},\ \frac{1}{\sin(B+\varphi)},\ \frac{1}{\sin(C+\varphi)}$$

pour le point φ_2.

Le deuxième cas rentre dans le premier si l'on considère φ comme négatif lorsque les triangles isocèles sont à l'extérieur de ABC, convention que nous adoptons.

La droite $\varphi_1\varphi_2$ a pour équation :

$$\sum \xi \sin(B-C)(\cos^2\varphi-\cos^2 A)=o.$$

Cette équation montre qu'elle passe toujours par le point de rencontre de la droite :

$$\sum \xi \sin(B-C)=o,$$

qui joint le point de *Lemoine* au centre du cercle ABC, et de la droite :

$$\sum \xi \sin(B-C)\cos^2 A=o,$$

qui joint le point de *Lemoine* à l'orthocentre.

$\varphi_1\varphi_2$ passe donc par le point de *Lemoine*.

3. Si α est l'angle de *Brocard*, le point de Γ, qui a pour coordonnées $\frac{1}{\sin(A-\alpha)}, \frac{1}{\sin(B-\alpha)}, \frac{1}{\sin(C-\alpha)}$, est le point D $\frac{1}{a^3}, \frac{1}{b^3}, \frac{1}{c^3}$, d'où l'on déduit facilement :

$$a^3=2Rn^2\sin(A-\alpha),$$

R étant le rayon du cercle ABC et n^4 la quantité $a^2b^2+a^2c^2+b^2c^2$.

Le point σ, qui a pour coordonnées :

$$\frac{1}{\sin(A+\alpha)},\ \frac{1}{\sin(B+\alpha)},\ \frac{1}{\sin(C+\alpha)},$$

est aussi sur Γ, il correspond à $\varphi=\alpha$; ses coordonnées peuvent aussi s'écrire :

$$\frac{1}{a(b^2+c^2)},\ \frac{1}{b(a^2+c^2)},\ \frac{1}{c(a^2+b^2)}.$$

On en déduit facilement :

$$a(b^2+c^2)=2Rn^2\sin(A+\alpha).$$

Si $C\sigma$ coupe AB en σ_c, on a :

$$\frac{\sigma_c B}{\sigma_c A}=\frac{c^2+a^2}{c^2+b^2}.$$

Les points de Γ, qui correspondent à $\varphi=o$ et $\varphi=90$, sont le centre de gravité et l'orthocentre.

Le centre de gravité du périmètre, qui a pour coordonnées :

$$\frac{b+c}{a},\ \frac{a+c}{b},\ \frac{a+b}{c},$$

appartient aussi à Γ, et alors $\varphi=\text{arc tg}\left(-\frac{r}{p}\right)$.

Remarquons encore l'identité, quel que soit φ :

$\sin(B-C)\sin(A-\varphi)+\sin(C-A)\sin(B-\varphi)+\sin(A-B)\sin(C-\varphi)=o.$

Le point N (point de Tarry) de Γ, qui correspond à $\varphi=90-\alpha$, a pour coordonnées :

$$\frac{1}{\cos(A+\alpha)},\ \frac{1}{\cos(B+\alpha)},\ \frac{1}{\cos(C+\alpha)}\quad\text{ou}\quad\frac{1}{a}\cdot\frac{1}{b^4+c^4-a^2(b^2+c^2)},\ \ldots.$$

Le point N′ de Γ, qui correspond à $\varphi=\alpha-90$, a pour coordonnées :

$$\frac{1}{\cos(A-\alpha)},\ \frac{1}{\cos(B-\alpha)},\ \frac{1}{\cos(C-\alpha)}\quad\text{ou}\quad\frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2(b^2+c^2-a^2)+2b^2c^2},\ \ldots.$$

Remarquons que N est l'intersection de Γ avec le cercle circonscrit.

En somme, aux points :

E, O′ (orthoc.), σ, I, N, N′, D, A, B, C,

correspondent pour φ les angles :

0, 90°, $-\alpha$, -60. $90-\alpha$, $\alpha-90$, α, A, B, C.

Il serait certainement intéressant de chercher la valeur de φ qui correspond à S′ à Z′, aux points à l'infini, et d'autre part les coordonnées des points qui correspondent à des valeurs particulières de φ, comme 2α, $B-C$, $C-B$, $2A$, $\frac{1}{2}A$, etc.

Il y aurait aussi à répartir les points sur chaque branche d'après les valeurs de φ ; le temps nous manque pour compléter cette partie de notre étude.

Remarquons aussi que si p', p'', p''' représentent les distances des trois sommets à la droite KO′, le carré de l'axe de Γ est $\frac{p'.p''.p'''}{R}$; que son centre

(*Nouv. Ann.* 1885, p. 220) a pour coordonnées $\frac{(c^2-b^2)^2}{a}, \frac{(a^2-c^2)^2}{b}, \frac{(b^2-a^2)^2}{c}$, puisque x, y, z sont respectivement a, b, c.

5. M. *Brocard* a fait (*Journal de math. spéciales*, 1884, p. 197 et suiv.) une étude approfondie de la conique Γ. Nous allons encore montrer comme exemple de quelle façon l'on peut généraliser les résultats y relatifs.

Il y a pour chaque point K et pour chaque droite Δ une conique Γ circonscrite à ABC et qui passe par les points O'_k, D, Z', S', E, et nous ajouterons par le point σ :

$$\frac{1}{A(By+Cz)}, \frac{1}{B(Cz+Ax)}, \frac{1}{C(Ax+By)};$$

son équation est :

$$\frac{Cz-By}{A\xi}+\frac{Ax-Cz}{B\eta}+\frac{By-Ax}{C\zeta}= .$$

Le pôle W de Δ, par rapport à Γ est :

$$\frac{(Cz-By)^2}{A}, \frac{(Ax-Cz)^2}{B}, \frac{(By-Ax)^2}{C}.$$

EK est tangente en E; O'_kK est tangente en O'_k.

Donc, EO'_k est la polaire de K.

La droite WO'_k, qui a pour équation :

$$\sum \frac{(By-Cz)(ABxy+ACxz-B^2y^2-C^2z^2)}{BC(Ax+By-Cz)(Ax+Cz-By)}\xi=o,$$

coupe Δ en un point N_1, dont le conjugué harmonique N, par rapport à W et à O'_k, est sur Γ (dans le cas particulier où Δ est à l'infini et où K est le point de *Lemoine*, ce point N est le point de *Tarry* dont nous venons de parler). N est aussi sur la courbe (6) $\frac{x}{\xi}+\frac{y}{\eta}+\frac{z}{\zeta}=o$.

Les coordonnées de N sont :

$$\frac{1}{A[By(By-Ax)+Cz(Cz-Ax)]}, \ldots\ldots$$

Etc., etc.

Dans le cas particulier où Δ est à l'infini et où K est le point de *Lemoine*, l'hyperbole Γ et le cercle circonscrit à ABC sont tangents en A lorsque le triangle ABC est tel que la droite de *Brocard* est perpendiculaire à BC, et réciproquement; le point de *Tarry* est alors en A, et l'on a $b^4+c^4=a^2(b^2+c^2)$.

Il nous paraît inutile de nous étendre davantage, et l'on verra facilement, parmi toutes les propriétés des points particuliers de *Brocard* et de

Lemoine, et des droites et des courbes qui s'y rapportent, celles qui peuvent se généraliser et quelles formules on devra trouver pour exprimer les coordonnées des points et les équations des courbes y relatives.

Afin de diminuer autant que possible le nombre des lettres à employer dans ces calculs, nous avons souvent désigné une quantité par une lettre qui représentait déjà un point de la figure. Ainsi, nous avons les points A, B, C, sommets du triangle de référence, et les quantités A, B, C, coefficients de la droite Δ, etc., etc.; il ne peut en résulter de confusions.

Je profite maintenant de l'occasion pour faire une rectification.

Le théorème donné par nous (*Nouv. Corresp. math.*, 1878, p. 223, n° 382), dont voici l'énoncé :

Soient ABCD *un tétraèdre et* A'B'C'D' *le tétraèdre formé par les plans tangents en* A, B, C, D *à la sphère circonscrite ; on sait que* AA', BB', CC', DD' *appartiennent à un même hyperboloïde, démontrer que le centre de cet hyperboloïde est le point tel que la somme des carrés des perpendiculaires abaissées de ce point sur les faces de* ABCD *est un minimum*, est inexact, c'est une faute de calcul qui a été la cause de l'erreur.

RENSEIGNEMENTS HISTORIQUES ET BIBLIOGRAPHIQUES

Les travaux sur cette partie de la géométrie du triangle se sont déjà tellement multipliés, qu'il est peut-être intéressant d'en fixer les origines par un court aperçu historique et bibliographique.

D'après M. *Tchébichef*, qui en fit la remarque (voir Comptes rendus du Congrès de Lyon de l'Association française pour l'avancement des sciences, p. 92, 1873), *Gauss*, à propos de la méthode des moindres carrés, rencontre le point tel que la somme des carrés de ses distances, aux trois côtés d'un triangle ABC, soit *minima*. J'ai cherché en vain dans les œuvres de *Gauss* la trace de cette remarque, à moins que l'on ne juge qu'elle résulte, comme cas très particulier, du problème même que l'on se propose de résoudre par la méthode des moindres carrés, problème qui est évidemment la recherche du point de l'hyperespace tel que la somme des carrés de ses distances aux hyperplans représentés par les équations données soit *minima*.

Avant *Gauss*, du reste, *Simon Lhuilier* (*Éléments d'analyse géométrique et d'analyse algébrique*, 1809, p. 296) s'occupe dans le triangle et dans le tétraèdre du point tel que la somme des carrés de ses distances aux côtés ou aux faces soit minima.

M. *Hossard* (voir *Nouv. Ann. de math.*, 1848, p. 454) trouve que la *droite qui joint le point tel que la somme des carrés de ses distances aux trois côtés d'un triangle soit minima, à un sommet, divise le côté opposé en segments proportionnels aux carrés des côtés adjacents*, proposition déjà remarquée par *S. Lhuilier*.

M. *Catalan* (voir *Théorèmes et Problèmes de géométrie élémentaire*, par H. Ch. de *La Frémoire*, etc., 1852, 2e édition, p. 161) démontre que ce *point du minimum de la somme des carrés des distances, etc., est le centre de gravité du triangle formé par les pieds des perpendiculaires abaissées de ce point sur les trois côtés du triangle*, mais je ne sais s'il est l'auteur de la remarque, ainsi que de celle (*loc. cit.*) que

les distances de ce point aux trois côtés du triangle sont proportionnelles à ces trois côtés.

M. *Mathieu* (*Nouv. Ann. de math.*, 1865, p. 403), dans une très remarquable étude sur les droites inverses, — appelant ainsi deux droites passant par le sommet d'un angle d'un triangle et symétriques, par rapport à la bissectrice de cet angle, — énonce ce théorème : *Le centre de gravité d'un triangle a pour inverse le point de concours des droites qui joignent un sommet au point d'intersection des tangentes au cercle circonscrit, menées par les deux autres sommets ;* il détermine (*loc. cit.*, p. 404) la polaire de ce point inverse, qu'il ne considère que parce qu'il le rencontre dans son étude comme l'inverse du centre de gravité, mais ne s'y arrête pas davantage.

Grebe (*Archiv. de Grunert*, t. IX, 1847) donne la proposition suivante : *Si l'on construit des carrés sur chaque côté d'un triangle* ABC (*tous vers l'intérieur du triangle ou tous vers l'extérieur*), *le triangle formé par ceux des côtés de ces carrés qui sont parallèles aux côtés du triangle* ABC *et ce triangle* ABC *ont pour centre d'homothétie un point dont les distances aux côtés sont proportionnelles à ces côtés.*

Schlömilch (voir *Exercices d'analyse*, t. I, § 33, n° 4) énonce le théorème : *Si dans un triangle on joint le milieu d'un côté au milieu de la hauteur correspondante, les trois droites ainsi construites concourent en un même point.*

En 1873 (voir *Nouv. Ann. de math.*, p. 364, et Congrès de Lyon de l'Association française pour l'avancement des sciences, volume des Comptes rendus, p. 90), je publiai l'étude d'un certain point qui me paraissait mériter une mention spéciale à cause des nombreuses propriétés dont il jouissait et, de l'une d'elles, prise comme point de départ, je l'appelai *centre des médianes antiparallèles ;* je remarquai alors que ce point avait été rencontré *isolément* dans quelqu'une de ses propriétés par un grand nombre de géomètres qui n'avaient point observé que ces théorèmes divers se rapportaient à un seul et même point, et la simplicité des considérations qui le relient au triangle me fit penser qu'il devait être un élément intéressant à étudier particulièrement.

Dans cette première note, on trouve, entre autres choses, la propriété fondamentale (p. 91, VI, VII, VIII et p. 93, XII) des cercles élégamment étudiés depuis par M. *Neuberg* (*Mathesis*, t. I, p. 187), et par M. Tücker, dans divers articles relatés dans la nomenclature ci-après; nous en avons également parlé nous-même. (Voir *Mathesis*, t. IV, p. 201.)

Nous avons indiqué une première généralisation de ces mêmes cercles (Assoc. française, Congrès de Lyon, p. 93, et *Mathesis*, t. II, p. 231); une autre généralisation a été étudiée par M. *Taylor* et par M. *Neuberg*, dans les *Proceedings*. Dans cette même première note, on trouve encore (p. 94, XIV) l'équation de la conique circonscrite passant par le centre de gravité, le point de concours des hauteurs, le point d'où l'on voit les côtés sous le même angle et sur laquelle M. *Brocard* a fait de si intéressantes recherches; on l'appelle maintenant, d'après M. *Neuberg*, l'hyperbole de *Kiepert*, ainsi que nous l'avons déjà dit.

En poursuivant mon étude, je remarquai peu après une corrélation de ce point avec la très simple proposition suivante, que j'avais rencontrée en 1859, comme élève de spéciales. *Soit un triangle* ABC; *par un point* M *on mène une droite qui coupe* CA *en* A', CB *en* B' ; *on sait que le lieu de l'intersection de* AB' *avec* BA' *est une conique circonscrite à* ABC, *cette conique est le cercle circonscrit lorsque* M *est un certain point* M_c (*pôle de* AB *par rapport au cercle circonscrit*).

Voici la corrélation dont il s'agit : *Les trois droites* AM_a, BM_b, CM_c *se coupent*

au centre des médianes antiparallèles. Autrement dit, les points M_a, M_b, M_c sont les associés du point de *Lemoine*, ou encore le cercle ABC est le lieu des pôles trilinéaires d'une droite mobile autour du point de *Lemoine*.

Je continuai alors la petite étude de 1873, en donnant quelques propositions nouvelles au Congrès de Lille en 1874, entre autres : *Dans un triangle* ABC, *la médiane et la médiane antiparallèles, aboutissant au même sommet* A, *sont symétriques par rapport à la bissectrice de l'angle* A. C'est cette propriété que M. *Maurice d'Ocagne* a prise pour théorème fondamental dans l'étude qu'il a consacrée à ce sujet, le croyant nouveau (voir *Journal de math. élém.*, 1880, p. 539, et *Nouv. Ann. de math.*, 1883, p. 450) et qui, outre des théorèmes déjà publiés, contient plusieurs propositions élégantes.

M. *J. Neuberg*, mettant en relief dès 1874 (*Nouv. Corresp.*, t. I, p. 47-173), puis à diverses reprises, l'importance de ces nouvelles vues, nous a fait l'honneur d'appeler *point de Lemoine* le *centre des médianes antiparallèles*, puisque j'étais le premier qui eût reconnu qu'il y avait là une étude spéciale à faire et que je l'avais essayée, et cette dénomination est aujourd'hui la plus fréquemment employée. M. *Neuberg* a lui-même puissamment contribué au développement de cette théorie, et encore maintenant presque chaque numéro de *Mathesis* contient, venant de lui ou de ses collaborateurs, de nouvelles et originales propositions y relatives.

Les points de *Brocard* ont sans doute aussi été fréquemment rencontrés, mais il est également certain qu'avant ce géomètre nul n'avait soupçonné leur rôle et leur importance dans la géométrie du triangle. Nous avons, du reste, la trace de ces rencontres ; ainsi, par exemple, dans un petit ouvrage publié en 1849 par M. *Clarke*, et intitulé : *Théorèmes et Problèmes de trigonométrie*, on trouve, p. 33 : *La formule* $\sin^3 x = \sin(A-x)\sin(B-x)\sin(C-x)$, *entraîne* $\cot g\, x = \cot g\, A + \cot g\, B + \cot g\, C$, et c'est précisément une traduction de l'énoncé qui définit les points de *Brocard*.

Cette définition même se trouve avant cela, avec l'expression de $\cot g\, x$ et celle de $\operatorname{coséc}^2 x$, dans un ouvrage de *J.-H. van Swinden*, intitulé : *Grundbeginsel der Meetkunde* (Groningue, 1833), et publié ensuite en traduction allemande par *C.-F.-A. Jacobi*, à Iéna, en 1834, etc.

M. *Brocard* les retrouva donc et posa d'abord simplement la question de leur détermination graphique (*Nouv. Ann.*, 1875, p. 192) ; il les étudia ensuite dans quelques articles de la *Nouvelle Correspondance*, et surtout dans deux importants travaux insérés aux Comptes rendus du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Alger, en 1881, et à Rouen, en 1883.

C'est encore M. *Neuberg* qui a vu le premier l'importance que ces notions allaient prendre dans la géométrie et a nommé ces points, points de *Brocard*.

D'un autre côté, M. *J. Neuberg*, dans son très remarquable *Mémoire sur le tétraèdre*, a cherché à étendre à la géométrie du tétraèdre la plupart des résultats obtenus dans l'étude du triangle et, tout récemment, M. *R. Tücker* a montré comment, moyennant certaines conditions, on retrouve dans le quadrilatère les points et les cercles de *Lemoine* et de *Brocard*. Au Congrès de l'Association française, à Lyon, nous avions signalé deux cercles remarquables, dont l'un passe par les extrémités des parallèles, l'autre par les extrémités des antiparallèles aux côtés menées par le point de *Lemoine* : ils ont été appelés premier et deuxième cercle de *Lemoine*. Plus généralement, les intersections des côtés du triangle ABC, avec ceux d'un triangle homothétique, sont sur une conique qui devient un cercle (cercle de *Tücker*), lorsque le centre d'homothétie

coïncide avec le point de *Lemoine* (Congrès de Lyon, *loc. cit.* et *Mathesis*, t. II, p. 231). Une étude détaillée de cette série de cercles a été faite par M. *Neuberg* (*Mathesis*, t. I, p. 187), par M. *Tücker* (*Quarterly Journal*) et par nous-même (*Mathesis*, t. IV, p. 201).

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, M. *Taylor* les a rencontrés dans la question plus générale du cercle circonscrit à un triangle variable restant semblable à lui-même et inscrit à un triangle fixe. Les résultats obtenus par M. *Taylor* ont été rattachés par M. *Neuberg* à la théorie générale des figures semblablement variables. Deux groupes de trois cercles associés au triangle, et dont l'étude offre un grand intérêt, ont reçu respectivement les noms de cercles de *M'Cay* et cercles de *Neuberg*; ils jouent un rôle important dans le système de trois figures semblables construites sur les côtés du triangle fondamental. Pour être complet, nous devrions encore signaler certains travaux tout récents ou destinés à une publication prochaine; ils se rapportent notamment à deux coniques et à deux points désignés précédemment par les lettres N, R, et appelés par M. *Neuberg* points de *Tarry* et de *Steiner*. M. *Casey* a introduit ces résultats dans l'*enseignement classique* en Angleterre, en les publiant dans ses dernières éditions de Géométrie analytique et d'Exercices de Géométrie plane.

MM. *G. Tarry*, *Brocard*, *J. Neuberg*, *M'Cay* et *Casey* ont rattaché tout cet ensemble à l'étude des figures semblables dans une voie antérieurement suivie à propos d'autres recherches plus générales par MM. *Grouard* (*Journal l'Institut*, 1870), *Liguine* (*Nouv. Ann.*, 1873), et bien plus tôt encore par M. *de Laffitte* (*Nouv. Ann.*, 1855 et 1857).

A partir de 1873, les travaux relatifs aux questions qui nous occupent sont devenus fort nombreux, et le sujet s'est tellement développé, que je ne puis essayer d'en faire ici une monographie, même très abrégée; mais je crois utile de terminer en donnant année par année et par nom d'auteur la nomenclature de ceux de ces travaux dont j'ai eu connaissance directement ou par citation.

Cette nomenclature se divise en travaux antérieurs à 1873, où quelques-unes de ces questions avaient été rencontrées par hasard à propos d'autres recherches et en travaux de 1873 à octobre 1885, depuis que l'étude en a été faite systématiquement par nous.

ABRÉVIATIONS EMPLOYÉES

E. T. Educational Times.
N. A. M. Nouvelles Annales de mathématiques.
N. C. M. Nouvelle Correspondance mathématique.
A. F. Comptes rendus des Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences.
J. E. Journal de mathématiques élémentaires.
J. S. Journal de mathématiques spéciales.
Q. J. Quarterly Journal of pure and applied mathematics.
P. L. Proceedings of the Mathematical Society (London).
(2) IV, p. 393-407 signifie 2ᵉ série, t. IV, pages 393 à 407.

PREMIÈRE PARTIE

TRAVAUX ANTÉRIEURS A 1873*

1809. SIMON LHUILIER. Éléments d'analyse géométrique et d'analyse algébrique. Paris.

1821-1826. GAUSS. Méthode des moindres carrés.

1833. H. VAN SWINDEN. Grundbeginsel der Meetkunde (Groningue).

1834. A. JACOBI. Traduction allemande de l'ouvrage précité de *van Swinden* (Iéna).

1846. STUBBS. Cours de géométrie sphérique à l'Université de Dublin. Solution de l'équation

$$\sin^3\theta = \sin(\alpha - \theta)\sin(\beta - \theta)\sin(\gamma - \theta)$$

et expressions de $\cot g\theta$ et de $\operatorname{coséc}^2\theta$. $(\alpha + \beta + \gamma = \pi)$.

1847. W. GREBE. Archives de *Grunert*, IX, n° 3. Construction d'un point remarquable, etc. C'est à ce propos que les géomètres allemands ont quelquefois appelé point de *Grebe* le point tel que ses distances aux trois côtés soient respectivement proportionnelles à ces côtés.

1848. STUBBS. Programme de l'Université de Dublin. Relations entre les côtés du triangle rectiligne.

» HOSSARD et POUDRA. N. A. M. (1), VII, p. 407-409, 454.

1849. O. TERQUEM. N. A. M. (1), VIII. Expressions de $\cot g A + \cot g B + \cot g C$, d'après *Stubbs*, p. 47-48.

» L. CLARKE. Théorèmes et problèmes de trigonométrie rectiligne et sphérique, p. 33, 53, 56. Paris, Bachelier.

1850. O. TERQUEM. N. A. M. (1), IX, p. 363-364, p. 142-144. Indication des formules de *Stubbs* (1846).

» HOSSARD et POUDRA. N. A. M. (1), IX, p. 241-242.

1851. G. MARQFOY. N. A. M. (1), X. Démonstration des formules précédentes.

1855. DE LAFFITTE N. A. M. (1), XIV, p. 266-268. Circonférence lieu des points homol. des tri. sembl. circonsc. à un même triangle.

1857. DE LAFFITTE. N. A. M. (1), XVI, p. 202-206. Neuf théorèmes de géométrie segmentaire.

1858. E. LEMOINE. N. A. M. (1), XVII. Note sur une conique et son cercle directeur (les foyers sont des points inverses).

1859. (?) Lady's and Gentleman's Diary. Question 1933.

1860. SCHLÖMILCH. Uebungsbuch zum Studium der höheren Analysis.

1865. A. MATHIEU. N. A. M. (2), IV, p. 393-407; 481-493, 529-537. Étude de géométrie comparée.

1869. KIEPERT. N. A. M. (2), VIII, p. 40-42. Solution de la question 864 (*E. Lemoine*).

1870. BELTRAMI. Mem. istit. Bologna, IX. Ricerche sulla geometria delle forme binarie cubiche.

» BELLAVITIS. Rivista di giornali, X, p. 155.

» GROUARD. Journal l'Institut, 1re section, nos 1882, 1889, 1894, 1900. Recherches sur les figures planes semblables.

* Je remercie MM. *Brocard* et *Neuberg* pour les très nombreux et très importants renseignements qu'ils m'ont donnés et qui m'ont permis de dresser cette liste.

DEUXIÈME PARTIE

DEPUIS LES RECHERCHES SYSTÉMATIQUES SUR CE SUJET, 1873.

1873.	E. LEMOINE.	A. F. (Lyon), II, p. 90-95. Sur quelques propriétés d'un point remarquable du plan d'un triangle.
»	E. LEMOINE.	N. A. M. (2), XII, p. 364-366. Note sur un point remarquable du plan d'un triangle.
»	V. LIGUINE.	N. A. M. (2), XII, p. 481-494. Sur quelques prop. géom. du déplacem. d'une fig. plane dans son plan.
»	H. LAURENT.	Traité du calcul des probabilités, note 1, p. 252.
1874.	J. NEUBERG.	N. C. M. (1874-1875), I, p. 44-47. Solution de la question du concours d'agrég. des sc. math. Paris, 1873.
»	E. LEMOINE.	A. F. (Lille), III, p. 1165-1168. Note sur les propriétés du centre des médianes antiparallèles dans un triangle.
»	H. PICQUET.	A. F. (Lille), III, p. 1202-1204. Sur le centre des médianes antiparallèles.
1875.	E. HAIN.	Arch. de *Grunert*, t. LVII, p. 322-326. Théorèmes divers sur le triangle.
»	C. CHADU.	N. A. M. (2), XIV, p. 175-178. Solut. de la quest. de math. élém. proposée au Concours d'agrég. de 1874.
»	E. HAIN.	Arch. de *Grunert*, t. LVIII, 1875-1876, p. 84-89. Construction et propriétés du point de *Grebe*.
»	C. CHADU.	N. A. M. (2), XIV, p. 286-288. Solut. de la quest. 116 (*Brocard*).
1877.	H. BROCARD.	N. C. M., III, p. 65-69, 106-110, 187-192. Propriétés du triangle.
»	W. GREBE.	N. C. M., III, p. 286, 400. Question 268.
»	EUTARIS.	Journal de Mathém. élém. de Vuibert, p. 43.
»	DESBOVES.	Questions de trigonom. rectiligne. Paris, p. 126-128, 146, 222.
»	PISANI.	N. A. M. (2), XVI, p. 525-527. Solut. de la quest. 1212 (*A. Mathieu*).
1878.	E. LEMOINE.	N. C. M., IV, p. 59-61. Solut. de la quest. 293 (*E. Dubois*).
»	H. BROCARD.	N. C. M., IV, p. 141-142. Note sur la question 130 (*H. Brocard*).
1879.	H. BROCARD.	N. C. M., V, p. 323, 343, 393, 425. Propriétés du triangle.
»	E. CATALAN.	N. C. M., V, p. 429. Notes addit. au précédent.
»	VAN HAARST.	Wiskundige Opgaven, t. I, nouvelle série, p. 199.
»	J. NEUBERG.	N. C. M., V, p. 446-448. Lettre relative à la question 1166 (*N. A. M.*, *Brocard*).
»	CATALAN.	Théorèmes et problèmes de géométrie, 6me édition.

1880.	H. Brocard.	N. C. M., VI, p. 19, 97. Propriétés du triangle.
»	E. Laquière.	N. C. M., VI, p. 321-325. Lettre sur le déplacement d'une figure dans son plan.
»	J. Neuberg.	N. C. M., VI, p. 364-366. Note sur le centre des médianes antiparallèles.
»	E. Lemoine.	N. C. M., VI, p. 509-512. Note sur une question se rattachant à la précédente.
»	M. d'Ocagne.	J. E. (1), IV, p. 539. Note sur une ligne considérée dans le triangle rectiligne.
»	G. Dostor.	N. A. M. (2), XIX, p. 362-367. Formules de réduction trigonométrique.
1881.	H. Brocard.	A. F. (Alger), X, p. 138-159. Étude d'un nouveau cercle du plan d'un triangle.
»	H. Kiehl.	Progr. scol. du gymnase de Bromberg. Zur Theorie der Transversalen, 12 p. in-4°, 1 pl.
»	J. Neuberg.	Mathesis, I, p. 153, 173, 185. Sur le centre des médianes antiparallèles.
1882.	G. Tarry:	Mathesis, II, p. 73. Propriétés générales de trois figures semblables.
»	J. Neuberg.	Mathesis, II, p. 76. Note additionnelle à l'article précédent.
»	G. Tarry.	Comptes rendus de l'Acad. des sciences (3 avril), XCIV, p. 941-943. Relation générale entre sept points quelconques d'une section conique, etc.
»	E. Lemoine.	A. F. (La Rochelle), XI, p. 108-121. Étude sur de nouveaux points remarq. du plan d'un triangle ABC.
»	G. Teixeira.	Jornal de sciencias mat. et astr., IV, p. 185. Bibliogr. du Mémoire du Congrès d'Alger (1881).
1883.	A. Morel.	J. E. (2), II, p. 10, 33, 62, 97, 169, 195. Étude sur le cercle de *Brocard*.
»	H. Brocard.	J. E. (2), II, p. 218, 272. Nouvelles propriétés du triangle.
»	E. Lemoine.	A. F. (Rouen), XII, p. 122-126. Sur les quatre groupes de deux points d'un triangle ABC, qui sont à la fois les foyers d'une conique inscrite et les foyers d'une conique circonscrite à ce triangle.
»	H. Brocard.	A. F. (Rouen), XII, p. 188-196. Nouvelles propriétés du triangle.
»	R. Tucker.	P. L., XIV, n° 214, p. 316-321. The triplicate-ratio circle.
»	R. Tucker.	Q. J., XIX, n° 76, p. 342-348. The triplicate-ratio circle.
»	M. d'Ocagne.	N. A. M. (3), II, p. 450-464. Sur un élément du triangle rectiligne; symédiane.
»	M. d'Ocagne.	N. A. M. (3), II, p. 497-500. Sur les propriétés segm. du triangle.
»	E. Lemoine.	J. E. (2), problème VII, p. 242.
»	E. Lemoine.	J. S. (2), II, p. 3, 26, 49, 73. Reproduction du Mémoire déjà cité. A. F. (La Rochelle), 1882.

1884. H. Taylor. P. L., XV, p. 122. On the relat. of the inters. of a circle with a triangle.

» R. Tucker. Q. J., XX, n° 77, p. 57. On a group of circles.

» R. Tucker. Q. J., XX, n° 78, p. 218. Some proporties of two lines in the plan of a triangle.

» M. d'Ocagne. N. A. M. (3), III, p. 25. Note sur la symédiane.

» A. Astor. N. A. M. (3), III, p. 181. Sur les courbes unicursales du quatrième ordre, etc.

» E. Lemoine. Mathesis, IV, p. 201. Théorèmes divers sur les antiparallèles des côtés d'un triangle.

» A. Artzt. Progr. LIV du Gymn. de Recklinghausen; Untersuchungen, etc; ein Beitrag zur Geom. des *Brocardschen Kreises* (20 p. in-4°, 1 pl.)

» J. Casey. A sequel to Euclid, 3° édit., Dublin, p. 163-174, et *passim*.

» E. Lemoine. Bull. de la Soc. math. de France, XII, p. 72-78. Quelques propriétés des parallèles et des antiparallèles aux côtés d'un triangle.

» J. Neuberg. Mémoires couronnés, etc., Acad. roy. de Belgique, XXXVII. Mémoire sur le tétraèdre, 72 p. in-8°.

» H. Brocard. J. S. (2), III, p. 197. Hyperbole des neuf points.

» E. Lemoine. A. F. (Blois), XIII, p. 49, Sur les points associés du plan d'un triangle ABC.

» E. Lemoine. J. E. (3), problème XXIV, p. 53.

1885. W. M'Cay. Trans. of the R. Irish Acad., XXVIII, p. 453-467. On three circles related to a triangle.

» J. Casey. Addition au Mémoire précédent, p. 467-470.

» M. d'Ocagne. N. A. M. (3), IV, p. 360. Note sur la symédiane.

» J. Neuberg. Mathesis, V, p. 202, 217. Sur le quadrilatère harmonique (à suivre).

» J. Neuberg. E. T., XXXVIII. Sur les cercles de *Tücker*.

» J. Neuberg. P. L., XVI, n° 244, p. 185-189. Sur les figures semblablement variables.

» E. Lemoine. Mathesis, V, p. 103-108. Propriétés diverses du cercle et de la droite de *Brocard*.

» H. Brocard. J. S. (2), IV, p. 12, 30, 58, 76, 104, 123. Propriétés de l'hyp. des neuf points et de six paraboles remarquables.

» E. Lemoine. J. S. (2), IV, p. 193, 217, etc. Reproduction du Mémoire sur les points associés. A. F., Blois, 1884.

» M. Jenkins. Q. J. XXI, n° 81. On some geom. proofs of theor. connected with the insc. of a tri. of const. form in a given triangle.

» R. Tucker. E. T., XXXVIII. Some propert. of a quadr. in a circle, the rectangles under whose oppos. sides are equal.

» W. M'Cay. E. T., XXXVIII. Addit. au Mémoire précédent.

» E. Lemoine. N. A. M. (3), IV, p. 201-223. Sur une général. des propr. relat. au cercle de *Brocard* et au point de *Lemoine*.

» E. Lemoine. A. F. (Grenoble), XIV. Généralisation des résultats du Mémoire précédent et propriétés nouvelles sur le même sujet.

1885.	E. VIGARIÉ.	J. E. (2), IV, p. 33, 54, 76, etc. Note de géométrie (droites et points inverses, points de *Brocard*, de *Lemoine*) à suivre.
»	M. D'OCAGNE.	J. E. (2), IV, p. 173, 193, etc. Monographie de la symédiane.
»	J. CASEY.	A treatise on the analyt. geom. of the point, line, circle and conic sect. Dublin, ch. VIII, sect. II, p. 245-257 et *passim*.
»	G. DE LONGCHAMPS.	J. S. Sur un nouveau cercle remarquable du triangle (à paraître en 1886).

LISTE DES QUESTIONS RELATIVES AU MÊME SUJET ET PUBLIÉES DANS DIVERS RECUEILS.

N. A. M. — 1166 (Brocard).

J. E. — 99 (Brocard); 166 (Hadamard); 167, 170, 182, 187, 188 (Vigarié); 179, 180 (Laisant); 197 (Boubals).

J. S. — 52 (Lemoine).

N. C. M. — 19 (Bermann); 20 (Bretscheider); 238 (Grebe); 293 (E. Dubois); 382, théorème inexact (Lemoine); 130, 131, 463, 512, 523 (Brocard).

Mathesis. — 184 (Césaro); 341 (Barbarin) ; 68, 192, 193, 303, 305, 350, 398, 401, 403 (Lemoine); 9, 10, 11, 126, 127, 280, 302, 304, 306, 308, 348, 447, 473, 480 (Neuberg) ; 102 (Quest. d'Examen. Trowbridge); 103 (id. Christine Ladd) et t. III, p. 136 et 167, t. IV, p. 232.

The Educational Times. — 7053 (Wolstenholme); 7414, 8271 (Miss Charlotte A. Scott); 7612 (W. S. M'Cay); 7766, 7789, 7900, 7938 (R. Tücker); 7682 (H. Fortey); 8127 (Hadamard); 8161 (Vigarié); 8167 (F. Davis); 8168 (S. Roberts); 7819 (Note de M. Neuberg); 8153, 8185 (Neuberg); 8253, 8297 (Brocard); 8209 (B. Hanumanta Rau).

Zeitschrift für math. und naturw. Unterricht.— Berlin.— 1880, XI, 119, 120, 133 (Brocard); 1882, XIII, 195-202, 231, 234, 235 (Brocard); 233 (Brocard et Neuberg); 230, 232 (Neuberg); 227-229 (Stoll); 247-250 (Fuhrmann); 1883, XIV, 265, 267, 327 (G. Tarry); 268-271 (Kiehl); 299-301 (Dewulf); 316-318 (Brocard); 328, 329 (Fuhrmann); 332, 333, 337-339 (Stoll); 334-336 (Artzt et Stoll); 340, 341 (Artzt); 1884, XV, 354 (Neuberg); 355, 356, 383, 384, 395-398 (Brocard); 357, 359-362 (Böklen); 358 (Böklen et Stoll); 381 (Tücker); 366, 408, 409, 421, 454, 455 (Fuhrmann); 399-407, 422 (Artzt); 382, 435-438 (Stoll); 453 (Stegemann); 1885, XVI, 467 (Fuhrmann); 468-470 (Stoll); 495-497 (Artzt).

Il est à supposer que malgré tout le soin que nous avons pu apporter en dressant la liste précédente, elle contiendra des omissions et des erreurs; nous [...]rons reconnaissant aux lecteurs qui voudront bien nous les signaler (5, rue [...]ttré, Paris) pour que nous en profitions à une autre occasion.

M. Émile LEMOINE

Ancien Élève de l'École polytechnique, à Paris.

DIVERS PROBLÈMES DE PROBABILITÉ

— *Séance du 13 août 1883* —

I

On forme un triangle de périmètre 2p; *soient* x *et* z *respectivement le plus grand et le plus petit côté,* y *le troisième. Quelle est la probabilité que* $y^2 - xz$ *sera négatif?*

Soit ABC un triangle équilatéral dont la *hauteur* est $2p$, le côté étant par conséquent alors $\frac{4p}{\sqrt{3}}$ et la surface $\frac{4p^2}{\sqrt{3}}$.

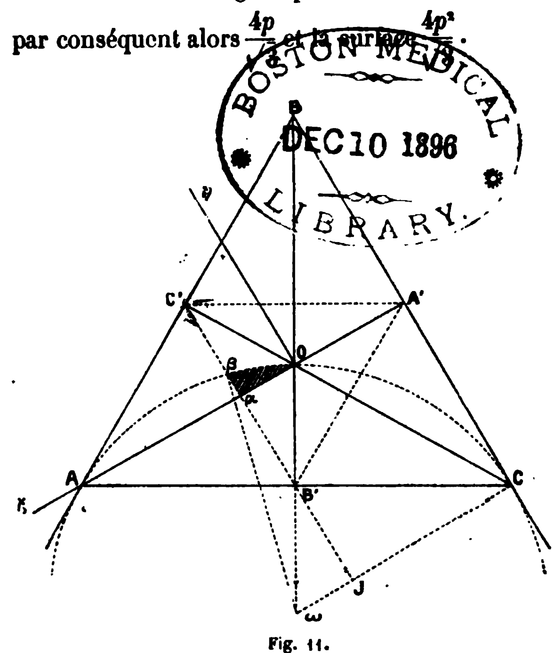


Fig. 11.

Soient A', B', C' respectivement les milieux de BC, AC, AB.

Soit O le centre de gravité.

Décrivons un cercle qui touche AB en A et BC en C; son centre ω est le symétrique de O par rapport à AC. Ce cercle passe en O et son rayon est $\frac{4p}{3}$.

Si l'on appelle x, y, z les distances aux trois côtés BC, AC, AB, d'un point M quelconque du plan pris à l'intérieur de ABC, on aura $x + y + z = 2p$; et comme à chaque point M correspondra une, et une seule division de la longueur $2p$ en trois parties x, y, z, je puis opérer sur ces distances. Pour que ces trois longueurs puissent former un triangle, il faut que M soit dans l'intérieur du triangle A'B'C'; car alors, et *seulement alors*, chacune des trois longueurs x, y, z est plus petite que la somme des deux autres.

Par hypothèse, $x > y$; M est donc dans le triangle C′AC;

et $y > z$; M est donc dans le triangle A′AB.

En résumé, pour que x, y, z puissent former un triangle de périmètre $2p$ et que l'on ait $x > y > z$, il faut que M soit dans l'intérieur du triangle OαC′, en appelant α le point où AA′ coupe B′C′.

Soit β le point où la circonférence AOC coupe C′B′ dans l'intérieur de ABC.

Si M est sur cette circonférence, on a . . . . : $y^2 = xz$;
à l'intérieur de la circonférence, on a : $y^2 < xz$;
à l'extérieur de la circonférence, on a : $y^2 > xz$.

Donc, pour que x, y, z puissent former un triangle de périmètre $2p$, que l'on ait $x > y > z$ et que $y^2 - xz$ soit négatif, il faut, et il suffit, que M soit dans l'intérieur du triangle mixtiligne formé par la droite Oα, la droite $\alpha\beta$ et l'arc de cercle βO.

La probabilité cherchée est donc :

$$\frac{\text{surface mixtiligne } \alpha\text{O}\beta}{\text{surface du triangle rectiligne } \alpha\text{OC}'}$$

La surface de αOC′ est $\frac{1}{24}\text{ABC} = \frac{1}{24} \cdot \frac{4p^2}{\sqrt{3}} = \frac{p^2}{6\sqrt{3}}$.

La probabilité cherchée est donc :

$$\frac{6\sqrt{3}}{p^2} \times \text{surface mixtiligne } \alpha\text{O}\beta.$$

Prenons pour axe des ξ la droite OA et pour axe des η la perpendiculaire menée en O à OA dans le sens αC′.

La circonférence considérée AβOC a pour centre le point ω, dont les coordonnées sont :

$$\xi = \frac{2p}{3},$$
$$\eta = -\frac{2p}{\sqrt{3}},$$

et pour rayon $\frac{4p}{3}$.

Son équation est donc :

$$\xi^2 + \eta^2 - \frac{4p}{3}\xi + \frac{4p}{\sqrt{3}}\eta = 0.$$

D'où :

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(-2p \pm \sqrt{4p^2 + 4p\xi - 3\xi^2}\right);$$

d'où :

$$\text{surface mixtiligne } \alpha O\beta = \int_0^{\frac{p}{3}} \left(-2p+\sqrt{4p^2+4p\xi-3\xi^2}\right)\frac{d\xi}{\sqrt{3}};$$

puisque $O\alpha = \frac{p}{3}$.

La probabilité est donc :

$$\frac{6}{p^2}\int_0^{\frac{p}{3}} \left(-2p+\sqrt{4p^2+4p\xi-3\xi^2}\right)d\xi.$$

ou

$$-4+\frac{6}{p^2}\int_0^{\frac{p}{3}} \sqrt{4p^2+4p\xi-3\xi^2}\cdot d\xi,$$

et le calcul s'achève sans difficultés.

On peut, du reste, éviter l'emploi de toute intégration. En effet, la probabilité cherchée est, comme nous l'avons vu :

$$\frac{6\sqrt{3}}{p^2}\times \text{surface mixtiligne } \alpha OB.$$

Or,

surface mixtiligne $\alpha O\beta$ = secteur $O\omega\beta$ — triangle $\omega B'\beta$ — triangle $B'\alpha O$. (1)

$$\text{secteur } O\omega\beta = \frac{1}{2}\omega O\times \text{arc } O\beta = \frac{2p}{3}(\text{arc } CO\beta - \text{arc } CO) = \left(\frac{2p}{3}\text{arc } CO\beta - \frac{\pi}{3}\cdot O\omega\right).$$

Mais $B'\alpha$ est perpendiculaire à OA, par suite à ωC; donc si J est le point où $B'\beta$ coupe ωC, on a :

$$\omega J = \omega B' \sin \omega B'J = \omega B' \sin 30 = \frac{2p}{3}\cdot\frac{1}{2} = \frac{p}{3}.$$

Mais,

$$\frac{\omega J}{\omega\beta} = \cos C\omega\beta,$$

c'est-à-dire :

$$\frac{1}{4} = \cos C\omega\beta,$$

$$\sin C\omega\beta = \frac{\sqrt{15}}{4}.$$

Donc :

$$\text{secteur } O\omega\beta = \frac{8p^2}{9}\left(\text{arc cos}\frac{1}{4} - \frac{\pi}{3}\right), \qquad (2)$$

$$\text{triangle } \omega B'\beta = \frac{1}{2}\omega B'\cdot\omega\beta \cdot \sin B'\omega\beta = \frac{1}{2}\cdot\frac{2p}{3}\cdot\frac{4p}{3}\cdot \sin B'\omega\beta.$$

Or,

$$B'\omega\beta = C\omega\beta - \frac{\pi}{3},$$

donc :

$$\sin B'\omega\beta = \sin C\omega\beta \cos\frac{\pi}{3} - \cos C\omega\beta \sin\frac{\pi}{3},$$

ou :

$$\sin B'\omega\beta = \frac{\sqrt{15}}{4}\cdot\frac{1}{2} - \frac{1}{4}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{15}-\sqrt{3}}{8}.$$

Donc :

$$\text{triangle } \omega B'\beta = \frac{p^2}{18}(\sqrt{15}-\sqrt{3}), \qquad (3)$$

$$\text{triangle } O\alpha B' = \frac{1}{2}O\alpha\cdot\alpha B' = \frac{1}{2}OB'\cdot\sin 30^\circ\cdot OB'\cdot\cos 30^\circ,$$

donc :

$$\text{triangle } O\alpha B' = \frac{p^2\sqrt{3}}{18}. \qquad (4)$$

Substituant dans (1) les valeurs données par (2), (3), (4), on a :

$$\text{surface mixtiligne } \alpha O\beta = \frac{16p^2\left(\text{arc cos}\frac{1}{4} - \frac{\pi}{3}\right) - p^2\sqrt{15}}{18},$$

et la probabilité est :

$$\frac{1}{\sqrt{3}}\left(16\left(\text{arc cos}\frac{1}{4} - \frac{\pi}{3}\right) - \sqrt{15}\right) = 0{,}266.....$$

Remarque. — La comparaison de cette valeur, et de l'expression précédemment obtenue de la même probabilité donne géométriquement la valeur de l'intégrale :

$$\int_0^{\frac{p}{3}} \sqrt{4p^2 + 4p\xi - 3\xi^2}\,d\xi.$$

II

On prend trois points A,B,C *au hasard sur une circonférence. Quelle est la probabilité qu'ils ne seront pas tous les trois du même côté d'un diamètre?*

Soient A, B, C les points se succédant à partir de A dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, et imaginons que la circonférence étant divisée en $2n$ parties, égales chacune à λ, les points ne puissent se trouver qu'au milieu d'une division; soient, alors :

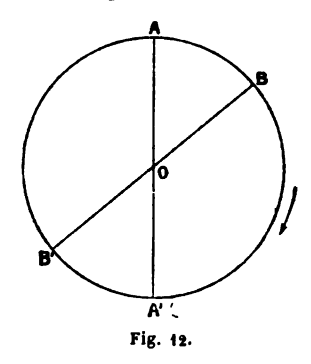


Fig. 12.

$$AB = x\lambda,$$
$$BC = y\lambda,$$
$$CA = z\lambda.$$

(Les arcs étant comptés dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre à partir de leur origine A pour AB, B pour BC, C pour CA).

Pour que les points ne soient pas tous du même côté d'un diamètre, il faut, et il suffit, que l'on ait :

$$\begin{aligned} x\lambda &< y\lambda + z\lambda, \\ y\lambda &< z\lambda + x\lambda, \\ z\lambda &< x\lambda + y\lambda. \end{aligned} \qquad (1)$$

Mais, comme on a :

$$x\lambda + y\lambda + z\lambda = 2n\lambda,$$

ces conditions reviennent (en divisant par λ et éliminant z des inégalités (1) au moyen de l'égalité $x + y + z = 2n$) à :

$$\begin{aligned} x + y &> n, \\ x &< n, \\ y &< n. \end{aligned}$$

Comptons les cas favorables :

$x = 0$	ne permet que	$y = n$.	Soit 1 cas.
$x = 1$	»	$\begin{cases} y = n. \\ y = n - 1. \end{cases}$	Soit 2 cas.
$x = 2$	»	$\begin{cases} y = n. \\ y = n - 1. \\ y = n - 2. \end{cases}$	Soit 3 cas.
»	»	»	.....

$$x = n \text{ ne permet que } \begin{cases} y = n. \\ y = n-1. \\ \ldots \\ y = 1, \\ y = 0. \end{cases} \qquad \text{Ou} \quad n+1 \text{ cas.}$$

En tout :

$$\frac{(n+1)(n+2)}{2} \text{ cas favorables.}$$

On verrait de même que le nombre des cas possibles est :

$$(n+1)(2n+1).$$

La probabilité est donc :

$$\frac{(n+1)(n+2)}{2(n+1)(2n+1)} \quad \text{ou} \quad \frac{n+2}{2(2n+1)}.$$

Si l'on suppose que n tende vers l'infini, on a $\frac{1}{4}$, qui est la probabilité cherchée.

Remarque. — Il est évident que le problème précédent peut aussi s'énoncer ainsi, c'est identiquement la même question :

On prend trois points A, B, C *au hasard sur une circonférence. Quelle est la probabilité que le triangle* ABC *soit acutangle?*

Autre méthode.

Faisons les mêmes hypothèses sur les positions respectives de A, de B et de C que dans la méthode précédente. Soient A′ et B′ les extrémités des diamètres passant par A et par B. Pour que ABC soit acutangle, il faut, et il suffit, que C soit entre A′ et B′ sur l'arc A′B′ (compté à partir de A′ dans le sens des aiguilles d'une montre), événement dont la probabilité est :

$$\frac{A'B'}{2\pi R} \quad \text{ou} \quad \frac{x}{2\pi R},$$

en appelant x l'arc AB ; mais la probabilité que B tombe où il est, est évidemment $\frac{dx}{2\pi R}$, R étant le rayon de la circonférence ; la probabilité cherchée est donc :

$$\int_0^{2\pi R} \frac{x}{2\pi R}\frac{dx}{2\pi R} = \frac{1}{4}.$$

III

On prend au hasard quatre points sur une circonférence. Quelle est la probabilité que ces quatre points ne soient pas tous du même côté d'un diamètre?

Soient A, B, C, D ces quatre points se succédant, à partir de A, dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, et imaginons que la circonférence étant divisée en $2n$ parties, chacune égale à λ, les points ne puissent tomber qu'au milieu d'une division.

Soient :

$$AB = x\lambda\,; \quad BC = y\lambda\,; \quad CD = z\lambda; \quad DA = t\lambda.$$

Pour que les quatre points ne soient pas tous du même côté d'un diamètre, il faut, et il suffit, que l'on ait :

$$\begin{aligned} x &< y+z+t\,. \\ y &< z+t+x, \\ z &< t+x+y, \\ t &< x+y+z. \end{aligned} \qquad (1)$$

éliminant t au moyen de l'égalité :

$$x+y+z+t=2n.$$

Il suffit, pour les cas favorables, que l'on ait :

$$\begin{aligned} x+y+z &> n, \\ x &< n, \\ y &< n, \\ z &< n. \end{aligned}$$

L'hypothèse $x=0$ donne :

avec $y=0$ le seul cas $z=n$.
» $y=1$ les deux cas $z=n$, $z=n-1$.
» $y=2$ les trois cas $z=n$, $z=n-1$, $z=n-2$.
. . . .
» $y=n$ les $n+1$ cas $z=n$, $z=n-1$,... $z=1$, $z=0$,

en tout $\frac{(n+1)(n+2)}{2}$ cas favorables.

L'hypothèse $x=1$ donne :

avec $y=0$ les deux cas $z=n$, $z=n-1$.
» $y=1$ les trois cas $z=n$, $z=n-1$, $z=n-2$.
. . . .
» $y=n-1$ les $n+1$ cas $z=n$, $z=n-1$. . . $z=1$, $z=0$.
» $y=n$ les n cas $z=n-1$. . . . . $z=0$.

En tout $\frac{(n+1)(n+2)}{2}+n-1$ favorables.

De même l'hypothèse :

$x=2$ donne : $\frac{(n+1)(n+2)}{2}+2n-2^2$ cas favorables.

$x=3$ » $\frac{(n+1)(n+2)}{2}+3n-3^2$ »

. . . .

$x=n$ » $\frac{(n+1)(n+2)}{2}+n.n-n^2$ »

ou :

$$n\frac{(n+1)(n+2)}{2}+n\frac{n(1+n)}{2}-(1^2+2^2+\ldots+n^2),$$

ou :

$$\frac{n(n+1)}{2}(2n+2)-\frac{n(n+1)(2n+1)}{6},$$

ou :

$$\frac{n(n+1)(4n+5)}{6}.$$

On verrait de même que le nombre de cas possibles est :

pour $x=0$ $2n+1+2n+(2n-1)+(2n-2)+(2n-3)+\quad 3+2+1.$

» $x=1$ . . . $2n+(2n-1)+(2n-2)+(2n-3)+\quad 3+2+1.$

» $x=2$ . . . . . $(2n-1)+(2n-2)+(2n-3)+\quad 3+2+1.$

. . . .

» $x=2n-2$ . . . . $3+2+1.$

» $x=2n-1$ . . . . $2+1.$

» $x=2n$ . . . . $1.$

En tout $\frac{(n+1)(2n+1)(2n+3)}{3}$.

La probabilité est donc : $\frac{n(4n+5)}{2(2n+1)(2n+3)}$,

ou, en faisant tendre n vers l'infini, on trouve : $\frac{1}{2}$.

Autre méthode.

Considérons un tétraèdre régulier dont la hauteur soit égale à la longueur de la circonférence sur laquelle sont les points dont il s'agit. Soit $\xi\eta\zeta\tau$ ce tétraèdre, que nous prendrons pour tétraèdre de référence. Il est évident que si j'appelle x, y, z, t respectivement les distances d'un point

M de l'intérieur du tétraèdre aux faces $\eta\zeta\tau$, $\zeta\tau\xi$, $\tau\xi\eta$, $\xi\eta\zeta$, à chaque point M correspond une, et une seule division de la circonférence par les quatre points A,B,C,D.

Or, les 4 plans :

$$\begin{aligned} x &= y + z + t, \\ y &= z + t + x, \\ z &= t + x + y, \\ t &= x + y + z, \end{aligned}$$

séparent les points pour lesquels on a $x > y + z + t$ de ceux pour lesquels on a $x < y + z + t$, etc.;

Et comme le plan $x = y + z + t$ passe par les milieux des arêtes $\xi\eta$, $\xi\zeta$, $\xi\tau$, etc., on voit que les positions du point M qui correspondent aux cas favorables sont celles qui sont dans l'intérieur de l'octaèdre régulier obtenu en joignant deux à deux dans chaque face les milieux des arêtes du tétraèdre. La probabilité est donc le rapport du volume de cet octaèdre au volume du tétraèdre : soit $\frac{1}{2}$, comme il est très facile de le voir.

IV

On prend au hasard n *points sur une circonférence. Quelle est la probabilité que ces* n *points ne soient pas tous du même côté d'un diamètre?*

La méthode de dénombrement direct que nous avons employée conduit encore au résultat que nous donnons ici sans développer les calculs un peu longs qui y conduisent.

C'est :

$$\frac{2^{n-1} - n}{2^{n-1}}.$$

Une méthode géométrique identique à celle du cas de $n = 4$, mais basée sur les conventions de la géométrie à $n - 1$ dimensions, y conduirait aussi très simplement.

Remarquons enfin que nous ne faisons nullement entrer dans nos démonstrations les propriétés de la circonférence. Nous pouvons donc énoncer le théorème suivant :

On prend au hasard n *points sur une courbe quelconque (définie géométriquement ou non, fermée ou ouverte et d'une longueur finie arbitraire). La probabilité pour que deux points consécutifs ne soient pas séparés par un arc de courbe de longueur supérieure à la moitié de la longueur de la courbe considérée, est :* $\frac{2^{n-1} - n}{2^{n-1}}$.

Cette façon de présenter la question montre le rapport intime qu'elle a avec l'intéressante généralisation donnée par M. Halphen (*Bulletin de la Société mathématique de France*, année 1872-73, p. 221), du problème que nous avions résolu dans le même recueil, même année, p. 39.

Remarque. — La question que nous venons de résoudre peut encore prendre l'énoncé suivant :

Étant donnée une courbe fermée à centre telle que toute droite passant par le centre ne la coupe qu'en deux points, la probabilité pour qu'en prenant n *points au hasard sur son périmètre, le polygone formé en joignant chaque point à celui qui le suit (en parcourant la circonférence dans un même sens) contienne le centre est :* $\frac{2^{n-1}-n}{2^{n-1}}$.

Remarquons encore que les conditions :

$$x+y>n,$$
$$x<n,$$
$$y<n,$$

du problème II nous montrent l'identité de ce problème avec la question que nous venons de citer (voir *Bulletin de la Soc. math. de France*, 1872-1873, p. 39) et que M. Hermann Laurent nous a fait l'honneur de reproduire dans son *Traité des probabilités*, question dont voici l'énoncé :

On casse au hasard une barre de longueur 1 *en trois morceaux : quelle est la probabilité que l'on puisse former un triangle avec ces trois morceaux?*

V

Les aiguilles d'une montre sont sur midi en A, *on observe deux fois au hasard l'aiguille des minutes entre midi et une heure. Quelles sont les probabilités que les deux observations aient lieu :*

1° *Toutes deux dans la première demi-heure?*

2° *Une dans la première demi-heure, l'autre dans la seconde?*

3° *Toutes deux dans la seconde?*

1° La probabilité que l'aiguille des minutes soit dans la première demi-heure est évidemment 1/2. Soit B sa position dans cette hypothèse, soit x l'angle AoB (o étant le centre de la circonférence formée par le cadran de la montre) : la probabilité que la seconde observation sera aussi dans la première demi-heure est : $\frac{\pi-x}{2\pi-x}$; la probabilité que B soit en x est : $\frac{dx}{\pi}$.

La probabilité que les deux observations soient dans la première demi-heure est donc :

$$\frac{1}{2}\int_0^{\pi} \frac{\pi - x}{2\pi - x}\frac{dx}{\pi} = \frac{1}{2}(1 - l2).$$

2° Pour la deuxième question, on trouve de même :

$$\frac{1}{2}\int_0^{\pi} \frac{\pi}{2\pi - x}\frac{dx}{\pi} = \frac{1}{2} l2.$$

3° Pour la troisième question, on trouve évidemment 1/2, puisqu'il faut et qu'il suffit que la première observation soit dans la seconde demi-heure.

Vérification. — La somme de trois probabilités doit être l'unité, un des trois cas devant nécessairement se présenter.

VI

1° *On a deux urnes* A *et* B *contenant chacune* n *boules numérotées* 1, 2, 3, ..., n *; on tire au hasard une boule de chaque urne. Quelle est la probabilité que la différence entre les deux nombres marqués sur chaque boule sortie soit plus grande que* p ?

2° *On a trois urnes* A, B, C *contenant chacune* n *boules numérotées* 1, 2, 3, ... n *; on tire au hasard une boule de chaque urne. Quelle est la probabilité que la plus grande différence entre deux des nombres marqués sur les trois boules sorties soit plus grande que* p ?

Nous allons seulement développer la solution du 2° ; le 1° se résoudrait évidemment de la même manière, plus simplement encore ; on trouve pour cette première probabilité :

$$\frac{(n-p)(n-p-1)}{n(n+1)}.$$

Soient x, y, z les nombres écrits sur les boules tirées respectivement de A, B, C ; je puis supposer $x \geqslant y \geqslant z$.

Car les mêmes nombres x, y, z peuvent sortir de 6 façons différentes des trois urnes et, de quelque façon que trois mêmes nombres sortent, cela donnera toujours lieu soit à un cas favorable, soit à un cas non favorable ; nous arrêter à la combinaison pour laquelle $x \geqslant y \geqslant z$, c'est donc

en somme diviser par 6 tant les cas favorables que les autres, et cela ne change rien à la probabilité.

Cela posé, il suffit pour avoir un cas favorable que l'on ait $x - z > p$.

Comptons d'abord les cas possibles.

Supposons que x ait la valeur l.

A la valeur $y = l$ correspondent les l valeurs possibles de z : $1, 2, 3, \ldots\ldots l$.

A la valeur $y = l - 1$ correspondent les $l - 1$ valeurs de z : $1, 2 \ldots (l - 1)$.

Etc.

Donc, en somme, à $x = l$ correspondent :

$$l + (l - 1) + \ldots\ldots 2 + 1 \text{ cas possibles } = \frac{l(l+1)}{2}.$$

Donc le nombre total des cas possibles est :

$$1 + 3 + 6 + \ldots\ldots \frac{n(n+1)}{2} = \frac{n(n+1)(n+2)}{6}.$$

De $x = 1$ à $x = p + 1$ il ne peut y avoir aucun cas favorable.

Pour $x = p + 2$ il y a un cas favorable, quel que soit y, chaque fois que $z = 1$;

$$\text{en tout } (p + 2) \text{ cas favorables.}$$

Pour $x = p + 3$ il y a deux cas favorables, quel que soit y, chaque fois que $z = 2$ ou que $z = 1$;

$$\text{en tout } 2(p + 2) + 1 \text{ cas favorables.}$$

Etc.

Pour $x = p + k$ il y a $(k - 1)$ cas favorables, quel que soit y, chaque fois que z a une valeur comprise entre 1 et $k - 1$;

$$\text{en tout } (k - 1)(p + 2) + (1 + 2 + \ldots\ldots k - 2) \text{ cas favorables.}$$

Donc, *en somme*, il y a :

$$p + 2 + 2(p + 2) + \ldots\ldots (n - p - 1)(p + 2) + 1 + \overline{1 + 2} + \overline{1 + 2 + 3}$$
$$+ \ldots\ldots \overline{1 + 2 + \ldots\ldots n - p - 2} \text{ cas favorables,}$$

ou :

$$(p+2)(1 + 2 + \ldots\ldots n - p - 1) + \frac{1.2 + 2.3 + 3.4 + \ldots\ldots (n - p - 2)(n - p - 1}{2},$$

ou :

$$\frac{(n - p)(n - p - 1)(n + 2p + 4)}{6}.$$

Donc la probabilité cherchée est :

$$\frac{(n-p)(n-p-1)(n+2p+4)}{n(n+1)(n+2)}.$$

Il est évident qu'on résoudrait par une méthode analogue le problème suivant :

On a M *urnes qui contiennent chacune* n *boules numérotées* 1, 2, 3 ..... n ; *on tire au hasard une boule de chaque urne. Quelle est la probabilité que la plus grande différence entre deux des nombres marqués sur les* M *boules sorties soit plus grande que* p?

Mais le calcul direct paraît être beaucoup plus compliqué.

VII

On prend deux points au hasard *sur une droite* AB *de longueur* l. *Quelle est la probabilité que la distance qui sépare ces deux points soit inférieure à une longueur donnée* a ?

Une fois les deux points choisis, on peut toujours, *pour le raisonnement*, appeler C, dans chaque cas, celui qui est le plus près de A, et D l'autre.

Imaginons qu'on divise AB en n parties très petites de longueur λ, et que a contienne p de ces parties, on aura :

$$l = n\lambda,$$
$$a = p\lambda,$$

et traitons la question en supposant d'abord que C et D sont assujettis à tomber toujours *au milieu* d'une des divisions de AB, C ne pouvant tomber dans la première division, ni D dans la dernière.

Toutes les façons dont on pourra placer sur AB les longueurs $(p-1)\lambda$, $(p-2)\lambda$, ... 2λ, λ donneront des cas favorables.

Or, il est évident que si, par exemple,

CD est égal à $(p-1)\lambda$, son extrémité C peut occuper	$n-p$ places sur AB
$(p-2)\lambda$	$n-p+1$
$(p-3)\lambda$	$n-p+2$
⋮	⋮
λ	$n-p+p-2$.

Le nombre de cas favorables est donc :

$$(n-p)(p-1)+1+2+\ldots\ldots p-2,$$

ou

$$(n-p)(p-1)+\frac{(p-2)(p-1)}{2},$$

ou

$$\frac{p-1}{2}(2n-p-2).$$

Toutes les façons dont on pourra placer sur AB les longueurs $(n-1)\lambda$, $(n-2)\lambda$ ..... 2λ, λ donneront les cas possibles.

Or, il est évident que si, par exemple,

CD est égal à	$(n-2)\lambda$, son extrémité C peut occuper	1 place sur AB
	$(n-3)\lambda$,	2 places
	$(n-4)\lambda$.	3
	⋮	⋮
	λ	$n-2$.

Le nombre des cas possibles est donc : $\dfrac{(n-1)(n-2)}{2}$.

La probabilité, dans les conditions que nous avons énoncées, est donc :

$$\frac{\frac{(p-1)}{2}(2n-p-2)}{\frac{(n-1)(n-2)}{2}};$$

mais $n+\frac{l}{\lambda}$, $p=\frac{a}{\lambda}$; il vient, en substituant :

$$\frac{(a-\lambda)(2l-a-2\lambda)}{(l-\lambda)(l-2\lambda)}.$$

Pour avoir maintenant le cas de l'énoncé, il suffit de faire tendre λ vers zéro; à la limite, on a :

$$\frac{a(2l-a)}{l^2}.$$

Ce qui est la probabilité cherchée.

Autre méthode.

Considérons un triangle équilatéral LMN dont la hauteur LL′ soit égale à l.

Si l'on prend un point O dans l'intérieur du triangle et que l'on appelle y, z, x les distances de O aux côtés MN, LN, ML, on aura :

$$x+y+z=l.$$

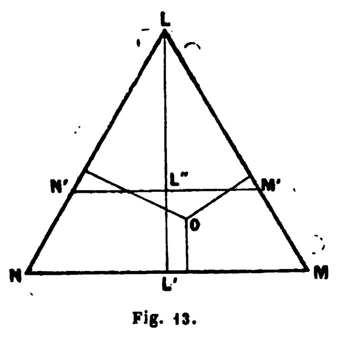


Fig. 13.

Il est évident que si on considère le point O tel que $x=AC$,
$y=CD$,
$z=DB$,

à chaque position des points C et D correspondra une, et une seule position de O, et réciproquement.

Prenons entre L et L′ le point L″ tel que $L'L'' = a$, et par L′ menons une parallèle à NM qui coupe LN en N′, LM en M′.

Pour tous les cas favorables O sera dans l'intérieur du trapèze MNM′N′. La probabilité cherchée est donc :

$$\frac{\text{surface } MNM'N'}{\text{surface } LNM} \quad \text{ou} \quad \frac{LNM - LN'M'}{LNM},$$

ou, puisque les figures semblables sont proportionnelles aux carrés des côtés homologues :

$$\frac{l^2 - (l-a)^2}{l^2} = \frac{2la - a^2}{l^2} = \frac{a(2l-a)}{l^2}.$$

Ce qui est le résultat déjà trouvé autrement.

Nous allons montrer que le problème que nous venons de traiter peut se ramener au problème VI.

Étudions la question suivante, plus générale.

On prend m *points* C_1, C_2 ...... C_m, *au hasard sur une ligne droite* AB de *longueur* l. *Quelle est la probabilité que la plus grande distance qu'il y ait entre deux de ces points soit inférieure à une longueur donnée* a?

Soit P cette probabilité; il est évident que $1 - P = P'$ sera la probabilité pour que cette plus grande distance soit supérieure à a.

On peut supposer que les points se succèdent sur AB dans l'ordre A, C_1, C_2, ... C_{m-1}, C_m, B, c'est-à-dire que :

$$AC_1 < AC_2 < \ldots\ldots < AC_{m-1} < AC_m;$$

car s'ils occupent dans deux cas identiquement les mêmes positions sur AB (en ne tenant pas compte des indices de C), on aura, dans ces deux cas : soit un cas favorable, si les deux points les plus rapprochés des extrémités sont séparés par une longueur inférieure à a; soit autrement un cas non favorable.

L'hypothèse $AC_1 < AC_2 < \ldots\ldots < AC_n$ revient donc à diviser par le nombre P_m des permutations de m objets m à m, tant le nombre des cas favorables que le nombre des cas possibles. Ce qui ne change rien à la probabilité.

Cela posé, divisons AB en n parties égales à λ et posons

$$l = \lambda n,$$
$$a = \lambda n',$$

λ étant suffisamment petit.

Il est évident, en se reportant à la question finale du problème VI, que pour trouver P′, c'est-à-dire pour trouver P, puisque $P' = 1 - P$, on peut résoudre la question suivante :

On a m *urnes qui contiennent chacune* n *boules numérotées* 1, 2, ... n. *On tire au hasard une boule de chaque urne. Quelle est la probabilité* P'_1 *que la plus grande différence entre deux des nombres marqués sur les* m *boules sera plus grande que* n′ ?

Supposons, en effet, que l'on ait :

$$P'_1 = f(m, n, n');$$

il viendra :

$$P'_1 = f\left(m, \frac{l}{\lambda}, \frac{a}{\lambda}\right),$$

et P′ se trouve en faisant $\lambda = 0$ dans cette expression.

Application au cas de $m = 2$.

Nous avons vu que l'on a alors :

$$P'_1 = \frac{(n - n')(n - n' - 1)}{n(n+1)},$$

ou :

$$P'_1 = \frac{\left(\frac{l}{\lambda} - \frac{\alpha}{\lambda}\right)\left(\frac{l}{\lambda} - \frac{a}{\lambda} - 1\right)}{\frac{l}{\lambda}\left(\frac{l}{\lambda} + 1\right)} = \frac{(l-a)(l-a-\lambda)}{l(l+\lambda)}.$$

D'où, en faisant $\lambda = 0$,

$$P' = \frac{(l-a)^2}{l^2},$$

et, par suite :

$$P = 1 - P' = \frac{a(2l-a)}{l^2},$$

conformément à ce que nous avons déjà trouvé autrement de deux façons.

VIII

Un mobile se meut sur une circonférence donnée de centre O en tournant toujours dans le même sens, par exemple celui du mouvement des aiguilles d'une montre ; on observe trois fois au hasard la position du mobile, soient A, B, C *les positions du mobile à la première, à la deuxième et à la troisième observation. Quelle est la probabilité que le triangle* ABC *sera acutangle, la première et la troisième observation étant séparées au plus par* p *tours complets du mobile ?*

Supposons la circonférence divisée en $2n$ parties égales très petites et supposons que, au moment de l'observation, le mobile ne puisse être qu'au milieu d'une de ces divisions.

Il est évident que je puis placer arbitrairement en A la première observation.

Soit B la position du mobile à la seconde observation. B étant à la $x^{\text{ième}}$ division à partir de A, x pourra varier de 1 à $2pn$.

Il est évident :

1° Que si B est à droite du diamètre AA′ il y aura triangle acutangle toutes les fois que C tombera entre A′ et B′, points diamétralement opposés à A et à B.

2° Que si B est à gauche de AA′, il y aura triangle acutangle également toutes les fois que C tombera entre B′ et A′.

Cela posé, comptons les cas favorables, puis les cas possibles.

Si B a été observé dans le premier demi-tour du mobile, les valeurs de x peuvent être 1, 2, 3..... n, et le nombre des cas favorables est respectivement 1, 2, 3..... n dans chaque demi-tour de rang pair. En tout :

$$\frac{n(n+1)}{2}\cdot p\cdot$$

Le nombre des cas possibles est :

$$(2pn-1)+(2pn-2)+\cdots\cdots(2pn-n).$$

Si B a été observé dans le deuxième demi-tour du mobile, les valeurs de x peuvent être $n+1$, $n+2$ ..... $n+n$ et le nombre des cas favorables est respectivement $n-1$, $n-2$ ..... 0, dans chaque demi-tour de rang impair à partir du troisième demi-tour. En tout :

$$\frac{n(n-1)}{2}(p-1).$$

Le nombre des cas possibles est :

$$(2pn-n-1)+(2pn-n-2)+(2pn-n-3)+\ldots\ldots(2pn-n-n).$$

Si B a été observé dans le troisième demi-tour du mobile, les valeurs de x peuvent être $2n+1$, $2n+2$ ..... $2n+n$, et le nombre des cas favorables est respectivement 1, 2, 3, ... n dans chaque demi-tour de rang pair à partir du quatrième demi-tour. En tout :

$$\frac{n(n-1)}{2}(p-1).$$

Le nombre des cas possibles est :

$$(2pn-2n-1)+(2pn-2n-2)+\ldots\ldots(2pn-2n-n).$$

Etc.

Si B a été observé dans le $2p-1^{\text{ième}}$ demi-tour du mobile, les valeurs de x peuvent être $(2p-2)n+1$, $(2p-2)n+2$, $+ \ldots\ldots (2p-2)n+n$, et le nombre des cas favorables est respectivement $1, 2, 3, \ldots\ldots n$ dans le dernier demi-tour. En tout :

$$\frac{n(n-1)}{2}.$$

Le nombre des cas possibles est :

$$(2n-1)+(2n-2), \ldots\ldots + 2n-n).$$

Enfin, si B a été observé dans le $2p^{\text{ième}}$ et dernier demi-tour, il n'y a aucun cas favorable et le nombre des cas possibles est :

$$(n-1)+(n-2)+\ldots\ldots 1.$$

Le nombre des cas favorables provenant des cas où B est dans un demi-tour de rang impair est donc :

$$\frac{n(n+1)}{2}[p+(p-1)+\ldots\ldots 1], \text{ ou } \frac{n(n+1)p(p+1)}{4},$$

et celui des cas favorables provenant des cas où B est dans un demi-tour de rang pair est donc :

$$\frac{n(n-1)}{2}[(p-1)+(p-2)+\ldots\ldots+1], \text{ ou } \frac{n(n-1)(p-1)p}{4};$$

en tout :

$$\frac{np(np+1)}{2}.$$

Le nombre total des cas possibles est :

$$(2pn-1)+(2pn-2)\ldots\ldots 2+1,$$

c'est-à-dire :

$$np(2np-1).$$

La probabilité sera donc :

$$\frac{np+1}{2(2np-1)}.$$

Si l'on suppose que n s'accroisse indéfiniment, on voit que la probabilité cherchée est $\frac{1}{4}$ et est indépendante de p.

M. Valentino CERRUTI

Professeur à l'Université Royale de Rome.

SUR LA DÉFORMATION D'UNE SPHÈRE HOMOGÈNE ISOTROPE

— *Séance du 18 août 1885* —

J'ai étudié, par une nouvelle méthode, la déformation d'une sphère homogène isotrope, dans la double supposition que soient connus ou les déplacements des points de la surface, ou les forces extérieures appliquées à ces points. Je me borne, dans cette note, au premier de ces deux cas ; le second, qui exige des développements plus détaillés, je l'ai traité dans un Mémoire qui va paraître dans les actes de l'Académie des *Lincei*. Quant à la méthode de recherche en elle-même, le lecteur trouvera toutes les explications nécessaires dans mon Mémoire : *Ricerche intorno all'equilibrio de' corpi elastici isotropi* (*).

1. Je commence par déterminer les déplacements ξ, η, ζ parallèles à un système d'axes rectangulaires, dont je place l'origine au centre de la sphère, lorsque les déplacements des points de la surface sont :

$$\frac{d}{dx_1}\frac{1}{R}, \quad \frac{d}{dy_1}\frac{1}{R}, \quad \frac{d}{dz_1}\frac{1}{R}, \tag{1}$$

et les forces agissantes sur chaque élément du corps égales à zéro. Je désigne par R l'expression $\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2}$, par x, y, z les coordonnées d'un point variable, et par x_1, y_1, z_1 les coordonnées d'un point fixe, mais choisi comme on voudra dans l'espace intérieur à la sphère. Il est bon de décomposer les déplacements ξ, η, ζ en deux groupes formés tous les deux de trois fonctions finies, continues, monodromes et déterminées de sorte que les trois fonctions ξ_1, η_1, ζ_1 du premier groupe satisfassent, à l'intérieur de la sphère, à l'équation $\Delta^2=0$, et prennent à la surface respectivement les valeurs (1); les trois fonctions ξ_2, η_2, ζ_2 du second groupe s'annulent à la surface et satisfassent à l'intérieur de la sphère aux équations :

$$\Delta^2\xi_2 = -\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\vartheta}{dx}, \quad \Delta^2\eta_2 = -\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\vartheta}{dy}, \quad \Delta^2\zeta_2 = -\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\vartheta}{dz},$$

où $\vartheta = \frac{d\xi}{dx}+\frac{d\eta}{dy}+\frac{d\zeta}{dz}$, et Ω, ω représentent les vitesses de propagation

(*) *Acc. r. de' Lincei.* Memorie della classe di sc. fis., mat. e nat., serie 3ª, t. XIII, pp. 81-122.

des ondes longitudinales et transversales dans un milieu isotrope indéfini composé de la même matière que la sphère.

Quant aux déplacements du premier groupe, ils se tirent avec une extrême facilité de la manière que voici : la fonction $\frac{1}{T}$, où

$$T^2 = a^4 + (x^2 + y^2 + z^2)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2) - 2a^2(xx_1 + yy_1 + zz_1),$$

a étant le rayon de la sphère, est finie, continue, monodrome, et satisfait à l'équation $\Delta^2 = 0$ tant que $x^2 + y^2 + z^2 \leqq a^2$ et pour $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$, vérifie les équations particulières :

$$a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{T} = \frac{d}{dx_1}\frac{1}{R}, \quad a\frac{d}{dy_1}\frac{1}{T} = \frac{d}{dy_1}\frac{1}{R}, \quad a\frac{d}{dz_1}\frac{1}{T} = \frac{d}{dz_1}\frac{1}{R}.$$

On aura donc de suite :

$$\xi_1 = a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{T}, \quad \eta_1 = a\frac{d}{dy_1}\frac{1}{T}, \quad \zeta_1 = a\frac{d}{dz_1}\frac{1}{T}. \qquad (2)$$

Quant aux déplacements du second groupe, que l'on fasse :

$$\xi_2 = \xi_2' - \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}x\vartheta, \quad \eta_2 = \eta_2' - \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}y\vartheta, \quad \zeta_2 = \zeta_2' - \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}z\vartheta;$$

les fonctions ξ_2', η_2', ζ_2' seront assujetties pour $x^2 + y^2 + z^2 \leqq a^2$ à l'équation $\Delta^2 = 0$, et pour $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$ auront respectivement les valeurs :

$$\xi_2' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}x\vartheta, \quad \eta_2' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}y\vartheta, \quad \zeta_2' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{2\omega^2}z\vartheta.$$

On pourra donc les mettre sous la forme :

$$\xi_2' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2 - r^2)\int_s \frac{x'\vartheta'}{e^3}ds,$$

$$\eta_2' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2 - r^2)\int_s \frac{y'\vartheta'}{e^3}ds,$$

$$\zeta' = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2 - r^2)\int_s \frac{z'\vartheta'}{e^3}ds,$$

où $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$, $e^2 = (x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2$; ϑ' est la va-

leur de ϑ au point x', y', z'; ds un élément de surface de la sphère. Mais les propriétés connues de la fonction ϑ nous permettent d'écrire :

$$\vartheta = \frac{a^2 - r^2}{4\pi} \int_s \frac{\vartheta' ds}{e^3}, \tag{3}$$

et partant :

$$\xi_2 = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2 - r^2) \int_s \frac{(x' - x)\vartheta' ds}{e^3} = \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2 - r^2)\frac{d}{dx} \int_s \frac{\vartheta' ds}{e},$$

ou, si l'on fait $\displaystyle\int_s \frac{\vartheta' ds}{e} = a\mathrm{H}$:

$$\begin{aligned}
\xi_2 &= \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}\frac{a^2 - r^2}{a}\frac{d\mathrm{H}}{dx}, \\
\eta_2 &= \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}\frac{a^2 - r^2}{a}\frac{d\mathrm{H}}{dy}, \\
\zeta_2 &= \frac{\Omega^2 - \omega^2}{8\pi\omega^2}\frac{a^2 - r^2}{a}\frac{d\mathrm{H}}{dz}.
\end{aligned} \tag{4}$$

Maintenant il nous reste à déterminer la fonction H : or, on déduit de (3):

$$4\pi a\vartheta = \mathrm{H} + 2r\frac{d\mathrm{H}}{dr},$$

et de l'expression, de ϑ au moyen de ξ, η, ζ:

$$4\pi a\vartheta = -\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\omega^2} r\frac{d\mathrm{H}}{dr} + \frac{d}{dr}\left(\frac{r}{\mathrm{T}} + 2r\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}}\right).$$

En égalant ces deux expressions de $4\pi a\vartheta$, on obtient l'équation différentielle :

$$k\mathrm{H} + r\frac{d\mathrm{H}}{dr} = 4\pi k\frac{d}{dr}\left(\frac{r}{\mathrm{T}} + 2r\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}}\right) = 4\pi k\frac{d\mathrm{G}}{dr},$$

qui, par l'intégration, nous donne :

$$\mathrm{H} = 4\pi k\, r^{-k} \int_0^r r^{k-1}\frac{d\mathrm{G}}{dr} dr = 4\pi k\mathcal{E},$$

où, pour abréger, on a fait $k = \frac{\omega^2}{\Omega^2 - \omega^2}$. Après cela les expressions de la dilatation cubique ϑ et des déplacements ξ, η, ζ peuvent se réduire à la forme très simple :

$$\vartheta = \frac{k}{a}\left(\mathcal{E} + 2r\frac{d\mathcal{E}}{dr}\right), \tag{5}$$

$$\begin{aligned} \xi &= a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{\mathrm{T}} + \frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\frac{a^2-r^2}{2a}\frac{d\mathcal{E}}{dx}, \\ \eta &= a\frac{d}{dy_1}\frac{1}{\mathrm{T}} + \frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\frac{a^2-r^2}{2a}\frac{d\mathcal{E}}{dy}, \\ \zeta &= a\frac{d}{dz_1}\frac{1}{\mathrm{T}} + \frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\frac{a^2-r^2}{2a}\frac{d\mathcal{E}}{dz}. \end{aligned} \tag{6}$$

Les doubles composantes τ_1, τ_2, τ_3 de la rotation peuvent aussi s'exprimer d'une façon assez simple, car de ce que

$$\frac{r}{\mathrm{T}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{a^2x}{r^2}-x_1\right)^2+\left(\frac{a^2y}{r^2}-y_1\right)^2+\left(\frac{a^2z}{r^2}-z_1\right)^2}}$$

il s'ensuit :

$$\frac{d}{dx_1}\frac{r}{\mathrm{T}} = -\frac{d\left(\frac{r}{\mathrm{T}}\right)}{d\left(\frac{a^2x}{r^2}\right)},$$

ou

$$a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{\mathrm{T}} = -\frac{1}{ar}\frac{d\left(\frac{r}{\mathrm{T}}\right)}{d\left(\frac{x}{r^2}\right)},$$

mais

$$\frac{d\left(\frac{r}{\mathrm{T}}\right)}{d\left(\frac{x}{r^2}\right)} = r^2\frac{d}{dx}\frac{r}{\mathrm{T}} - 2xr\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}},$$

donc

$$a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{\mathrm{T}} = -\frac{r}{a}\frac{d}{dx}\frac{r}{\mathrm{T}} + \frac{2x}{a}\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}} = \frac{x\mathrm{G}}{ar} - \frac{1}{a}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}};$$

et aussi

$$a\frac{d}{dy_1}\frac{1}{\mathrm{T}} = \frac{y\mathrm{G}}{ar} - \frac{1}{a}\frac{d}{dy}\frac{r^2}{\mathrm{T}},$$

$$a\frac{d}{dz_1}\frac{1}{\mathrm{T}} = \frac{z\mathrm{G}}{ar} - \frac{1}{a}\frac{d}{dz}\frac{r^2}{\mathrm{T}}.$$

Or, si l'on remplace dans (6) $a\frac{d}{dx_1}\frac{1}{T}, \ldots\ldots$ par les valeurs que nous en avons obtenues, et si l'on forme depuis les expressions :

$$\tau_1 = \frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}, \quad \tau_2 = \frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx}, \quad \tau_3 = \frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy},$$

on aura :

$$\tau_1 = z\frac{dQ}{dy} - y\frac{dQ}{dz}, \quad \tau_2 = x\frac{dQ}{dz} - z\frac{dQ}{dx}, \quad \tau_3 = y\frac{dQ}{dx} - x\frac{dQ}{dy}, \qquad (7)$$

où

$$aQ = \frac{G}{r} + \frac{\Omega^2 - \omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}\mathcal{E}.$$

2. En désignant par ρ la densité de la sphère, les forces L, M, N, qui, appliquées à la surface, seraient capables de produire la déformation définie par les formules (5), (6) et (7), se calculeront d'après la formule :

$$\frac{L}{\rho} = 2\omega^2\frac{d\xi}{dr} + (\Omega^2 - 2\omega^2)\vartheta\frac{x}{r} + \omega^2\frac{\tau_3 y - \tau_2 z}{r}, \qquad (8)$$

et, d'après celles qui s'en déduisent par une simple permutation circulaire : naturellement il faudra faire dans le second membre $r = a$. Au moyen de quelques réductions que je vais esquisser, on peut donner aux expressions de L, M, N des formes remarquables par leur simplicité. En effet, il est évident, en premier lieu, que, à cause de la symétrie de $\mathcal{E}$ par rapport à r et à r_1, on a :

$$\mathcal{E} = r_1^{-k}\int_0^{r_1} r_1^{k-1}\frac{d}{dr_1}\left(\frac{r_1}{T} + 2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{r_1}{T}\right)dr_1,$$

qui peut s'écrire aussi :

$$\mathcal{E} = \int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left(\frac{\sigma}{T_\sigma} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma}{T_\sigma}\right)d\sigma,$$

si l'on change r_1 en $r_1\sigma$ sous le signe d'intégration, σ étant la nouvelle variable d'intégration, et T_σ ce que devient T après ce changement. Or, on a :

$$\frac{d\mathcal{E}}{dx} = \int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left[\frac{\sigma(a^2x_1\sigma - xr_1^2\sigma^2)}{T_\sigma^3} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma(a^2x_1\sigma - xr_1^2\sigma^2)}{T_\sigma^3}\right]d\sigma,$$

et pour $r = a$:

$$\left(\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right)_{r=a} = \frac{1}{a^2}\int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left[\frac{\sigma(a^2x_1\sigma - xr_1^2\sigma^2)}{R_\sigma^3} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma(a^2x_1\sigma - xr_1^2\sigma^2)}{R_\sigma^3}\right]d\sigma,$$

où R_σ est ce que devient R lorsqu'on change r_1 en $r_1\sigma$. Mais on aperçoit facilement que :

$$\left(\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right)_{r=a} = \frac{1}{a}\int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left[\frac{\sigma(x_1\sigma - x)}{R_\sigma^3} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma(x_1\sigma - x)}{R_\sigma^3}\right]d\sigma,$$

$$+\frac{x}{a^3}\int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left[\frac{\sigma(a^2 - r_1^2\sigma^2)}{R_\sigma^3} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma(a^2 - r_1^2\sigma^2)}{R_\sigma^3}\right]d\sigma,$$

et partant, si l'on pose pour abréger :

$$\mathcal{E}_a = \frac{r_1^{-k}}{a}\int_0^{r_1} r_1^{k-1}\frac{d}{dr_1}\left(\frac{r_1}{R} + 2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{r_1}{R}\right)dr_1, \tag{9}$$

ou,

$$\mathcal{E}_a = \frac{1}{a}\int_0^1 \sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left(\frac{\sigma}{R_\sigma} + 2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{\sigma}{R_\sigma}\right)d\sigma, \tag{9'}$$

on aura :

$$\left(\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right)_{r=a} = \frac{d\mathcal{E}_a}{dx} + \frac{x}{a^2}\left(\mathcal{E}_a + 2r_1\frac{d\mathcal{E}_a}{dr_1}\right), \tag{10}$$

car,

$$\frac{x_1\sigma - x}{R_\sigma^3} = \frac{d}{dx}\frac{1}{R_\sigma}, \quad \frac{a^2 - r_1^2\sigma^2}{R_\sigma^3} = \frac{1}{R_\sigma} + 2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{1}{R_\sigma}.$$

On remarquera, en second lieu, que :

$$\left(\frac{d\xi}{dr}\right)_{r=a} = \left[\frac{x}{a^2}\frac{dG}{dr} - \frac{1}{a}\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{T} - \frac{\Omega^2 - \omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right]_{r=a},$$

$$\left(\frac{\tau_3 y - \tau_2 z}{r}\right)_{r=a} = \left[\frac{1}{a^2}\left(a\frac{dG}{dx} - x\frac{dG}{dr}\right) - \frac{\Omega^2 - \omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}\frac{1}{a}\left(x\frac{d\mathcal{E}}{dr} - a\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right)\right]_{r=a},$$

ou, en substituant à la place de $\left(\frac{d\mathcal{E}}{dx}\right)_{r=a}$ la valeur qu'on tire de (10), et à la place de $\frac{dG}{dr}$ l'expression $k\mathcal{E}+r_1\frac{d\mathcal{E}}{dr_1}$ qui lui est égale par la définition même de la fonction G,

$$\left(\frac{d\xi}{dr}\right)_{r=a}=-\frac{1}{a}\left[\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}\right]_{r=a}-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\frac{d\mathcal{E}_a}{dx}-\frac{x}{a^2}\left(\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\mathcal{E}_a+\frac{\Omega^2-3\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}r_1\frac{d\mathcal{E}_a}{dr_1}\right), \quad (11)$$

$$\left(\frac{\tau_3 y-\tau_2 z}{r}\right)_{r=a}=\frac{1}{a}\left(\frac{dG}{dx}\right)_{r=a}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\frac{d\mathcal{E}_a}{dx}+\frac{x}{a^2}\left(\frac{\Omega^2-2\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\mathcal{E}_a-\frac{2\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}r_1\frac{d\mathcal{E}_a}{dr_1}\right).$$

En remplaçant dans (8) ϑ par sa valeur (5) et $\frac{d\xi}{dr}$, $\frac{\tau_3 y-\tau_2 z}{r}$ par leurs valeurs (11), on obtiendra :

$$\frac{L}{\rho}=\frac{\omega^2}{a}\left[\frac{dG}{dx}-2\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}\right]_{r=a}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\cdot\omega^2\frac{d\mathcal{E}_a}{dx}. \quad (12)$$

Mais,

$$\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}=\frac{2x}{r}\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}}+r\frac{d}{dx}\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}}$$

et

$$\frac{dG}{dx}-2\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}=\frac{d}{dx}\frac{r}{\mathrm{T}}-\frac{2x}{r}\frac{d}{dr}\frac{r}{\mathrm{T}},$$

qui, pour $r=a$, nous donne :

$$\left[\frac{dG}{dx}-2\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}\right]_{r=a}=-\frac{d}{dx_1}\frac{1}{\mathrm{R}}. \quad (13)$$

Or, si l'on fait :

$$\mathcal{E}^*_a=\frac{1}{a}\int_0^1\sigma^{k-1}\frac{d}{d\sigma}\left(\frac{1}{\mathrm{R}_\sigma}+2\sigma\frac{d}{d\sigma}\frac{1}{\mathrm{R}_\sigma}\right)d\sigma,$$

il en résultera immédiatement :

$$\frac{d\mathcal{E}_a}{dx}=-\frac{d\mathcal{E}^*_a}{dx_1}, \quad (14)$$

et, en substituant dans (12) à la place de $\left[\frac{dG}{dx}-2\frac{d}{dr}\frac{d}{dx}\frac{r^2}{\mathrm{T}}\right]_{r=a}$, $\frac{d\mathcal{E}_a}{dx}$ leurs expressions (13) et (14), on aura enfin :

$$\frac{L}{\rho}=-\frac{\omega^2}{a}\frac{d}{dx_1}\left[\frac{1}{\mathrm{R}}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}^*_a\right],$$

et on trouverait de la même manière :

$$\frac{M}{\rho}=-\frac{\omega^2}{a}\frac{d}{dy_1}\left[\frac{1}{R}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}_a^*\right], \tag{15}$$

$$\frac{N}{\rho}=-\frac{\omega^2}{a}\frac{d}{dz_1}\left[\frac{1}{R}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}_a^*\right].$$

3. A présent, je supposerai que les déplacements u, v, w des points de la surface soient quelconques, mais toujours nulles les forces agissantes sur chaque élément du corps, et j'appellerai $\mathrm{L}ds$, $\mathrm{M}ds$, $\mathrm{N}ds$ les composantes des forces qu'on devrait appliquer à chaque élément ds de la surface au lieu des déplacements u, v, w pour obtenir la même déformation de la sphère : alors, d'un côté, nous avons, pour la dilatation cubique Θ aux points x_1, y_1, z_1, l'expression qu'on tire de l'égalité :

$$\begin{aligned} 4\pi\Omega^2\Theta = & \frac{d}{dx_1}\left[\frac{1}{\rho}\int_s\frac{\mathrm{L}ds}{\mathrm{R}}-2\omega^2\int_s u\,\frac{d}{dr}\frac{1}{\mathrm{R}}ds\right] \\ & +\frac{d}{dy_1}\left[\frac{1}{\rho}\int_s\frac{\mathrm{M}ds}{\mathrm{R}}-2\omega^2\int_s v\,\frac{d}{dr}\frac{1}{\mathrm{R}}ds\right] \\ & +\frac{d}{dz_1}\left[\frac{1}{\rho}\int_s\frac{\mathrm{N}ds}{\mathrm{R}}-2\omega^2\int_s w\,\frac{d}{dr}\frac{1}{\mathrm{R}}ds\right], \end{aligned} \tag{16}$$

et, d'un autre côté, un théorème connu du professeur Betti nous donne :

$$\int_s(Lu+Mv+Nw)ds=\int_s\left(\mathrm{L}\frac{d}{dx_1}\frac{1}{\mathrm{R}}+\mathrm{M}\frac{d}{dy_1}\frac{1}{\mathrm{R}}+\mathrm{N}\frac{d}{dz_1}\frac{1}{\mathrm{R}}\right)ds. \tag{17}$$

De la comparaison de (16) avec (17) on tire aisément :

$$4\pi\Omega^2\Theta=\frac{d\mathrm{A}}{dx_1}+\frac{d\mathrm{B}}{dy_1}+\frac{d\mathrm{C}}{dz_1}, \tag{16'}$$

en posant pour abréger :

$$\mathrm{A}=\omega^2\int_s u\left(\frac{1}{\mathrm{R}}+2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{1}{\mathrm{R}}-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}_a^*\right)ds,$$

$$B=\omega^2\int_s v\left(\frac{1}{R}+2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{1}{R}-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}_a^*\right)ds.$$

$$=\omega^2\int_s w\left(\frac{1}{R}+2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{1}{R}-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}a\mathcal{E}_a^*\right)ds,$$

et pourvu qu'on n'oublie pas que pour toute valeur de r, et en particulier pour $r=a$, on a :

$$\frac{1}{R}+2r\frac{d}{dr}\frac{1}{R}=-\left(\frac{1}{R}+2r_1\frac{d}{dr_1}\frac{1}{R}\right).$$

4. Dès que la fonction Θ est connue, par le procédé du n° 1 on déduit, pour les déplacements u, v, w des points x_1, y_1, z_1, les expressions :

$$u=\frac{a^2-r_1^2}{4\pi}\int_s\frac{w'ds}{e_1^3}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2-r_1^2)\frac{d}{dx_1}\int_s\frac{\Theta'ds}{e_1},$$

$$v=\frac{a^2-r_1^2}{4\pi}\int_s\frac{v'ds}{e_1^3}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2-r_1^2)\frac{d}{dy_1}\int_s\frac{\Theta'ds}{e_1},\qquad(18)$$

$$w=\frac{a^2-r_1^2}{4\pi}\int_s\frac{u'ds}{e_1^3}+\frac{\Omega^2-\omega^2}{8\pi\omega^2}(a^2-r_1^2)\frac{d}{dz_1}\int_s\frac{\Theta'ds}{e_1},$$

où $e_1^2=(x'-x_1)^2+(y'-y_1)^2+(z'-z_1)^2$ et u', v', w', Θ' sont les valeurs de u, v, w, Θ au point x', y', z'. Ces expressions peuvent encore se simplifier. En effet, que l'on pose :

$$\Phi=\int_s\frac{\Theta'ds}{e_1};$$

on en tire :

$$\Phi+2r_1\frac{d\Phi}{dr_1}=(a^2-r_1^2)\int_s\frac{\Theta'ds}{e_1^3}=4\pi\Theta.$$

d'où :

$$\Phi = \frac{2\pi}{\sqrt{r_1}} \int_0^{r_1} \frac{\Theta dr_1}{\sqrt{r_1}}.$$

En substituant cette expression de Φ dans (18), on a finalement :

$$
\begin{aligned}
u &= \frac{a^2 - r_1^2}{4\pi} \int_s \frac{u' ds}{e_1^3} + \frac{\Omega^2 - \omega^2}{4\omega^2} (a^2 - r_1^2) \frac{d}{dx_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{r_1}} \int_0^{r_1} \frac{\Theta dr_1}{\sqrt{r_1}}, \\
v &= \frac{a^2 - r_1^2}{4\pi} \int_s \frac{v' ds}{e_1^3} + \frac{\Omega^2 - \omega^2}{4\omega^2} (a^2 - r_1^2) \frac{d}{dy_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{r_1}} \int_0^{r_1} \frac{\Theta dr_1}{\sqrt{r_1}}, \quad (18') \\
w &= \frac{a^2 - r_1^2}{4\pi} \int_s \frac{w' ds}{e_1^3} + \frac{\Omega^2 - \omega^2}{4\omega^2} (a^2 - r_1^2) \frac{d}{dz_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{r_1}} \int_0^{r_1} \frac{\Theta dr_1}{\sqrt{r_1}}.
\end{aligned}
$$

La double intégration rapport à r_1 qui figurera dans $\int_0^{r_1} \frac{\Theta dr_1}{\sqrt{r_1}}$ après la substitution de la valeur de Θ tirée de (16'), peut se réduire à une intégration simple, mais je ne m'arrête pas à ces détails.

5. Lorsque chaque élément de volume dS est sollicité par des forces dont les composantes parallèles aux axes sont XdS, YdS, ZdS, on ajoutera au second membre de (16)

$$\frac{d}{dx_1} \int_S \frac{XdS}{R} + \frac{d}{dy_1} \int_S \frac{YdS}{R} + \frac{d}{dz_1} \int_S \frac{ZdS}{R}.$$

et au premier membre de (17) :

$$\int_S (X\xi + Y\eta + Z\zeta)\rho dS.$$

Je décomposerai cette dernière expression dans les deux parties :

$$\rho a\left[\frac{d}{dx_1}\int_S \frac{XdS}{T}+\frac{d}{dy_1}\int_S \frac{YdS}{T}+\frac{d}{dz_1}\int_S \frac{ZdS}{T}\right],$$

$$\frac{\rho}{2a}\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\int_S (a^2-r^2)\left(X\frac{d\mathcal{E}}{dx}+Y\frac{d\mathcal{E}}{dy}+Z\frac{d\mathcal{E}}{dz}\right)dS,$$

et je ferai ensuite :

$$\Theta=\Theta_1+\Theta_2,$$

$$A^*=A-a\int_S \frac{XdS}{T},\quad B^*=B-a\int_S \frac{YdS}{T},\quad C^*=C-a\int_S \frac{ZdS}{T}.$$

$$4\pi\Omega^2\Theta_1=\frac{dA^*}{dx_1}+\frac{dB^*}{dy_1}+\frac{dC^*}{dz_1},$$

$$4\pi\Omega^2\Theta_2=\frac{d}{dx_1}\int_S \frac{XdS}{R}+\frac{d}{dy_1}\int_S \frac{YdS}{R}+\frac{d}{dz_1}\int_S \frac{ZdS}{R}$$

$$-\frac{1}{2a}\frac{\Omega^2-\omega^2}{\Omega^2+\omega^2}\int_S (a^2-r^2)\left(X\frac{d\mathcal{E}}{dx}+Y\frac{d\mathcal{E}}{dy}+Z\frac{d\mathcal{E}}{dz}\right)dS.$$

La fonction Θ_1 satisfait dans l'intérieur de la sphère à l'équation $\Delta^2=0$, mais cette propriété, en général, n'est pas partagée par la fonction Θ_2. Je décomposerai aussi les déplacements u, v, w en deux parties, c'est-à-dire j'écrirai :

$$u=u_1+u_2,\quad v=v_1+v_2,\quad w=w_1+w_2$$

et j'assujettirai u_1, v_1, w_1 aux conditions : 1° de satisfaire à l'intérieur de la sphère aux équations

$$\Delta^2 u_1=-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_1}{dx_1},\quad \Delta^2 v_1=-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_1}{dy_1},\quad \Delta^2 w_1=-\frac{\Omega^2-\omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_1}{dz_1},$$

2° de prendre à la surface les valeurs données pour u, v, w. Les fonctions u_1, v_1, w_1 se tireront de (18′) en y remplaçant Θ par Θ_1.

Quant aux fonctions u_2, v_2, w_2, je les déterminerai par ces conditions : 1° de satisfaire à l'intérieur de la sphère aux équations :

$$\Delta^2 u_2 = -\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_2}{dx_1}, \quad \Delta^2 v_2 = -\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_2}{dy_1}, \quad \Delta^2 w_2 = -\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\omega^2}\frac{d\Theta_2}{dz_1},$$

2° de s'annuler à la surface : ce qui peut se faire par des formules connues.

M. J. NEUBERG

Professeur à l'Université de Liège.

SUR LES SURFACES ANALLAGMATIQUES

— *Séance du 18 août 1885* —

Les surfaces anallagmatiques du troisième et du quatrième ordre sont représentées par des équations homogènes du second degré, quand on prend pour variables les puissances d'un point par rapport à quatre sphères fixes qui coupent orthogonalement la sphère directrice. Ces coordonnées-puissances satisfont à une identité fondamentale qui renferme des termes du second et du premier degré, et un terme constant. La forme de cette identité explique très bien certains faits particuliers à la théorie des cyclides, et il nous a semblé intéressant d'en faire ressortir le rôle, même après les travaux remarquables dus à MM. Moutard, Casey, Darboux, Laguerre, etc.

1° Soient, par rapport à trois axes rectangulaires passant par le centre de la sphère directrice (O, R) (*), (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3), (x_4, y_4, z_4) les coordonnées des sommets d'un tétraèdre de référence $A_1A_2A_3A_4$. Désignons par S_1, S_2, S_3, S_4 les puissances d'un point $M(x, y, z)$ relatives à quatre sphères de référence (A_1, R_1), (A_2, R_2), (A_3, R_3), (A_4, R_4) coupant à angle droit la sphère (O, R), nous aurons :

$$S_n = x^2 + y^2 + z^2 - 2xx_n - 2yy_n - 2zz_n + R^2, \ (n = 1, 2, 3, 4).$$

Résolvons ces égalités par rapport aux quantités

$$x^2 + y^2 + z^2 + R^2, \ -2x, \ -2y, \ -2z.$$

(*) Nous désignons par (O,R) la sphère décrite de O comme centre avec le rayon R. R peut être de la forme $\alpha\sqrt{-1}$.

En posant :

$$D = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & z_4 & 1 \end{vmatrix}$$

et en représentant par X_n, Y_n, Z_n, U_n les mineurs de D relatifs à la n^e ligne, on trouve :

$$x^2 + y^2 + z^2 + R^2 = \frac{U_1S_1 + U_2S_2 + U_3S_3 + U_4S_4}{D}, \qquad (1)$$

$$-2x = \frac{\Sigma X_1S_1}{D}, \quad -2y = \frac{\Sigma Y_1S_1}{D}, \quad -2z = \frac{\Sigma Z_1S_1}{D}. \qquad (2)$$

Des égalités (2), on déduit :

$$4(x^2+y^2+z^2)D^2 = \Sigma(X_1^2+Y_1^2+Z_1^2)S_1^2 + 2\Sigma(X_1X_2+Y_1Y_2+Z_1Z_2)S_1S_2. \quad (3)$$

Soient $(a_1,\ldots)$ les aires des faces et $(h_1,\ldots)$ les hauteurs du tétraèdre fondamental ; on a :

$$4a_1^2 = X_1^2+Y_1^2+Z_1^2, \; 4a_1a_2\cos(a_1a_2) = X_1X_2+Y_1Y_2+Z_1Z_2\text{(*)}, \; D = 6A_1A_2A_3A_4.$$

Par conséquent, l'égalité (3) peut prendre la forme :

$$4(x^2+y^2+z^2) = \frac{S_1^2}{h_1^2} - \frac{2S_1S_2}{h_1h_2}\cos(h_1h_2)\ldots\ldots \qquad (4)$$

Pour abréger l'écriture, nous désignons par $E(S,S)$ la fonction homogène du second membre de (4), par E_{11}, E_{12},... les coefficients et par $E_1(S)$, $E_2(S)$,... les demi-dérivées de $E(S,S)$; enfin, par $E(S,S')$ la quantité :

$$S'_1E_1(S) + S'_2E_2(S) + S'_3E_3(S) + S'_4E_4(S) = \Sigma S_1E_1(S').$$

Des notations analogues seront employées pour toutes les fonctions homogènes du second degré que nous aurons à considérer dans la suite.

Dans l'égalité (1), remplaçons $x^2+y^2+z^2$ par $\frac{1}{4}$ $E(S,S)$ et faisons :

$$\frac{U_1}{D} = \omega_1, \quad \frac{U_2}{D} = \omega_2, \quad \frac{U_3}{D} = \omega_3, \quad \frac{U_4}{D} = \omega_4,$$

nous aurons l'identité entre les coordonnées-puissances d'un point sous la forme :

$$E(S,S) - 4\Sigma\omega_1S_1 + 4R^2 = 0. \qquad (5)$$

(*) Les équations des plans $A_2A_3A_4$, $A_1A_3A_4$ sont :

$$xX_1 + yY_1 + zZ_1 + U_1 = 0, \quad xX_2 + yY_2 + zZ_2 + U_2 = 0,$$

d'où l'on conclut $\cos(a_1, a_2)$.

Comme D, U_1, U_2, U_3, U_4 sont les sextuples des volumes des tétraèdres $A_1A_2A_3A_4$, $OA_2A_3A_4$, $OA_3A_4A_2$, $OA_4A_1A_2$, $OA_1A_2A_3$, les quantités $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ sont les coordonnées barycentriques du point O.

2. Les calculs précédents donnent lieu à quelques remarques intéressantes.

Pour trouver l'identité entre les distances $(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4)$ d'un plan quelconque aux sommets du tétraèdre de référence, on peut résoudre le système :

$$x_n \cos\alpha + y_n \cos\beta + z_n \cos\gamma - p = \delta_n, \quad (n = 1, 2, 3, 4),$$

par rapport à $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma - p$, et poser ensuite $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$. On constate sans peine que le résultat est :

$$E(\delta,\delta) = 1.$$

De l'égalité (4), on conclut que le carré de la distance d'un point au pôle O est exprimé par $\frac{1}{4}E(S,S)_1$, et que l'équation $E(S,S) = 0$ représente le cône asymptote de la sphère directrice (O, R).

Enfin, il résulte, de l'égalité (1), que la sphère $(O, R\sqrt{-1})$, concentrique et orthogonale à la sphère directrice, a pour équation :

$$\omega_1 S_1 + \omega_2 S_2 + \omega_3 S_3 + \omega_4 S_4 = 0,$$

et que la sphère directrice est représentée par l'une ou l'autre équation :

$$\omega_1 S_1 + \omega_2 S_2 + \omega_3 S_3 + \omega_4 S_4 - 2R^2 = 0,$$
$$E(S,S) = 4R^2.$$

3. Nous appellerons *couple anallagmatique*, ou simplement *couple*, tout système de deux points (M, M') situés en ligne droite avec le pôle O et satisfaisant à l'égalité $OM.OM' = R^2$. Une surface est dite anallagmatique, lorsque toute sécante menée par O la rencontre en des couples anallagmatiques.

Une sphère anallagmatique a pour équation :

$$\mu_1 S_1 + \mu_2 S_2 + \mu_3 S_3 + \mu_4 S_4 = 0, \qquad (6)$$

car le terme connu divisé par le coefficient de $x^2 + y^2 + z^2$ est égal à R^2. Les coordonnées cartésiennes du centre étant :

$$\frac{\Sigma\mu_1 x_1}{\Sigma\mu_1}, \ \frac{\Sigma\mu_1 y_1}{\Sigma\mu_1}, \ \frac{\Sigma\mu_1 z_1}{\Sigma\mu_1},$$

$\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ sont les coordonnées barycentriques du même point, par rapport au tétraèdre $A_1A_2A_3A_4$. On peut considérer ces quantités comme étant les coordonnées de la sphère anallagmatique qu'elles déterminent

complètement ; elles jouent, dans le système des coordonnées-puissances, le rôle de *coordonnées tangentielles*.

Lorsque $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 = 0$, l'équation (6) représente un plan mené par O et perpendiculaire à la droite qui joint A_4 au point du plan $A_1A_2A_3$ dont les coordonnées barycentriques sont proportionnelles à μ_1, μ_2, μ_3.

Il est maintenant facile d'établir que toute équation homogène,

$$\varphi(S_1, S_2, S_3, S_4) = 0, \tag{7}$$

représente une surface anallagmatique. En effet, à toute solution (α_1, α_2, α_3, α_4) de cette équation correspondent deux points (M, M') qui sont à l'intersection des trois sphères anallagmatiques représentées par les équations :

$$\frac{S_1}{\alpha_1} = \frac{S_2}{\alpha_2}, \quad \frac{S_1}{\alpha_1} = \frac{S_3}{\alpha_3}, \quad \frac{S_1}{\alpha_1} = \frac{S_4}{\alpha_4}.$$

On arrive à la même conclusion en s'appuyant sur l'identité (5). En effet, les coordonnées-puissances d'un point de la surface (7) sont de la forme

$$m\alpha_1, \ m\alpha_2, \ m\alpha_3, \ m\alpha_4,$$

m étant un facteur de proportionnalité que l'on détermine au moyen de (5). On trouve :

$$m^2 E(\alpha, \alpha) - 4m\Sigma\omega_1\alpha_1 + 4R^2 = 0. \tag{8}$$

Si m, m' sont les deux racines de (8) et (M, M') les points correspondants, on a :

$$\overline{OM}^2 = \frac{1}{4} m^2 E(\alpha, \alpha), \quad \overline{OM}'^2 = \frac{1}{4} m'^2 E(\alpha,\alpha), \quad mm' = \frac{4R^2}{E(\alpha, \alpha)},$$

d'où $OM.OM' = R^2$. Par conséquent, toute solution (α_1,...) de l'équation (7) détermine un couple anallagmatique de la surface, et il est naturel de regarder les quantités (α_1,...) comme les coordonnées de ce couple.

La condition, pour que les racines de (8) soient égales entre elles, est :

$$\Sigma^2\omega_1\alpha_1 - R^2 E(\alpha,\alpha) = 0.$$

On en déduit que la sphère directrice considérée comme lieu des couples à éléments confondus a pour équation :

$$H(S,S) \equiv R^2 E(S,S) - \Sigma^2\omega_1 S_1 = 0.$$

4. Soient (S_1,...), (S'_1,...) les coordonnées-puissances de deux points quelconques M, N, et soient δ_1, δ_2, δ_3, δ_4 les distances des points A_1, A_2,

A_3, A_4 au plan perpendiculaire au milieu de la droite MN (*plan de symétrie* des points M et N). Un théorème de géométrie élémentaire donne (*) :

$$S_1 - S'_1 = (\overline{MA_1}^2 - R_1^2) - (\overline{NA_1}^2 - R_1^2) = MN.\delta_1, \ldots,$$

de sorte que les différences des coordonnées-puissances de deux points sont proportionnelles aux coordonnées du plan de symétrie de ces points.

En particulier, si $(m\alpha_1, m\alpha_2, m\alpha_3, m\alpha_4)$, $(m'\alpha_1, \ldots)$ sont les coordonnées de deux points (M, M') d'un couple anallagmatique, on a ** :

$$2MM'.\delta_1 = (m - m')\alpha, \ldots$$

Par suite, toute solution de l'équation homogène (7) peut être regardée comme définissant soit un couple anallagmatique (M, M'), soit le plan de symétrie de ce couple. Il résulte de là que l'enveloppe des plans de symétrie des couples de la surface (7) a pour équation en coordonnées tangentielles :

$$\varphi(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4) = 0.$$

Cette enveloppe est la *déférente* de la surface (7), ou le lieu des centres des sphères touchant la surface aux deux points d'un couple.

5. Si $(\alpha_1, \ldots)$, $(\beta_1, \ldots)$ sont les coordonnées de deux couples anallagmatiques (M, M'), (N, N') non situés sur la même droite, les coordonnées d'un couple quelconque (P, P') de la circonférence MM'NN' sont de la forme :

$$p\alpha_1 + q\beta_1,\ p\alpha_2 + q\beta_2,\ p\alpha_3 + q\beta_3,\ p\alpha_4 + q\beta_4.$$

Car les coordonnées du plan de symétrie du couple (P, P') sont de cette forme.

Le rapport $p : q$ est proportionnel au rapport sin NOP : sin MOP.

Au moyen de ces expressions, on établit facilement la théorie des sphères bitangentes à une cyclide, celle des sphères polaires, etc.

Par exemple, soit :

$$F(S, S) \equiv \Sigma F_{11} S_1^2 + 2\Sigma F_{12} S_1 S_2 = 0,$$

l'équation d'une cyclide. Les points où cette surface est rencontrée par le cercle MM'NN' sont déterminés par l'équation :

$$F(p\alpha + q\beta, p\alpha + q\beta) \equiv p^2 F(\alpha, \alpha) + 2pq F(\alpha, \beta) + q^2 F(\beta, \beta) = 0,$$

(*) Si l'on remplace, dans l'identité $E(\delta, \delta) = 1$, δ_n par $\frac{S_n - S'_n}{2MN}$, on obtient la formule assez curieuse :

$$\overline{MN}^2 = \frac{1}{4} E(S - S', S - S')$$

(**) Pour établir la proportionnalité des coordonnées du couple (M, M') à celles du plan de symétrie, on peut partir de la remarque suivante : L'équation exprimant qu'une sphère anallagmatique passe par ces points est :

$$\mu_1\alpha_1 + \mu_2\alpha_2 + \mu_3\alpha_3 + \mu_4\alpha_4 = 0;$$

elle représente aussi le lieu de centre $(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4)$ d'une telle sphère.
Comparer *Sur une classe remarquable de courbes*, etc., par Darboux, art. 44 et 45.

où l'on considère le rapport $p : q$ comme inconnu. On conclut de là que tout cercle MM'NN' coupe la cyclide en deux couples (P,P'), (Q,Q'). Si l'un de ces couples coïncide avec (M, M'), on a $F(\alpha, \alpha) = 0$; alors, pour que le second couple coïncide également avec MM', il faut encore poser $F(\alpha, \beta) = 0$, ou, si l'on désigne les coordonnées de M et M' par (S_1, S_2, S_3, S_4), celles de N et N' par (T_1, T_2, T_3, T_4),

$$T_1F_1(S) + T_2F_2(S) + T_3F_3(S) + T_4F_4(S) = 0.$$

Cette équation, où l'on regarde T_1, T_2, T_3, T_4 comme coordonnées courantes, représente une sphère qui est le lieu de tous les cercles touchant la cyclide en M et M' *(sphère bitangente)*. Désignons par $(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4)$ les coordonnées barycentriques du centre de cette sphère; nous aurons :

$$F_n(S) \equiv F_{n_1}S_1 + F_{n_2}S_2 + F_{n_3}S_3 + F_{n_4}S_4 = K\mu_n, \ (n = 1, 2, 3, 4)$$

$$\mu_1S_1 + \mu_2S_2 + \mu_3S_3 + \mu_4S_4 = 0.$$

L'élimination des coordonnées variables S_1, S_2, S_3, S_4 et de K, entre ces égalités, conduit à l'équation du lieu du centre d'une sphère bitangente :

$$\begin{vmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} & F_{14} & \mu_1 \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} & F_{24} & \mu_2 \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} & F_{34} & \mu_3 \\ F_{41} & F_{42} & F_{43} & F_{44} & \mu_4 \\ \mu_1 & \mu_2 & \mu_3 & \mu_4 & 0 \end{vmatrix} = 0.$$

C'est là, si l'on veut, l'*équation tangentielle* de la cyclide; c'est aussi celle de la déférente en coordonnées barycentriques.

Ces conclusions doivent être modifiées, lorsque le déterminant

$$\begin{vmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} & F_{14} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} & F_{24} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} & F_{34} \\ F_{41} & F_{42} & F_{43} & F_{44} \end{vmatrix}$$

est nul. Alors les équations :

$$F_1(S) = 0, \ F_2(S) = 0, \ F_3(S) = 0, \ F_4(S) = 0,$$

admettent une solution commune $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4)$ qui définit un couple anallagmatique remarquable (C, C'). Ces points appartiennent, d'abord, à la cyclide; car on a $F(\gamma, \gamma) \equiv \Sigma\gamma_1F_1(\gamma) = 0$. De plus, toute circonférence passant par C, C' et par un couple (M, M') de la surface, est entièrement située sur celle-ci ; c'est ce qui résulte de l'identité

$$F(p\alpha + q\gamma) = p^2F(\alpha, \alpha) + 2pq\Sigma\alpha_1F_1(\gamma) + q^2F(\gamma, \gamma).$$

Enfin, la sphère touchant la cyclide en M et M' est tangente tout le long

de la circonférence MM'CC' ; en effet, la sphère tangente en deux points (N, N'), dont les coordonnées sont $p\alpha_n + q\gamma_n$, est représentée par

$$\Sigma T_1 F_1(p\alpha + q\gamma) \equiv p^2 \Sigma T_1 F_1(\alpha) = 0;$$

donc, elle se confond avec la sphère bitangente en (M, M'). Dans le cas que nous venons de considérer, la cyclide est l'enveloppe d'une sphère passant par deux points fixes et dont le centre parcourt une conique ; elle prend le nom de *cyclide binodale*. Si l'on fait coïncider le plan $A_1A_2A_3$ avec le plan de symétrie des points C, C', la coordonnée μ_4 de toute sphère inscrite est nulle, ce qui exige $F_{41} = F_{42} = F_{43} = F_{44} = 0$; l'équation de la surface n'est plus qu'à trois variables S_1, S_2, S_3, et l'élimination de S_1, S_2, S_3 entre les égalités

$$F_{n1}S_1 + F_{n2}S_2 + F_{n3}S_3 = K\mu_n, \ (n = 1, 2, 3),$$
$$\mu_1 S_1 + \mu_2 S_2 + \mu_3 S_3 = 0,$$

conduit à l'équation de la conique déférente (*).

Nous n'insisterons pas sur d'autres développements qui présentent la plus grande analogie avec les théories connues des quadriques.

6. Cherchons maintenant si une cyclide peut être anallagmatique par rapport à une nouvelle sphère directrice (O', R').

Conservons le même tétraèdre de référence $A_1A_2A_3A_4$ et adoptons quatre nouvelles sphères de référence (A_1, R'_1), (A_2, R'_2), (A_3, R'_3), (A_4, R'_4) coupant à angle droit la sphère (O', R'). La transformation des coordonnées se fait par les formules

$$S_1 = S'_1 + \rho_1, \ S_2 = S'_2 + \rho_2, \ S_3 = S'_3 + \rho_3, \ S_4 = S'_4 + \rho_4, \qquad (9)$$

dans lesquelles $\rho_1 = R'^2_1 - R^2_1, \ldots$ La nouvelle équation de la cyclide, qui est

$$F(S' + \rho, S' + \rho) \equiv F(S', S') + 2\Sigma S'_1 F_1(\rho) + F(\rho, \rho) = 0, \qquad (10)$$

doit être homogène en S', soit immédiatement, soit en vertu de l'identité fondamentale entre les coordonnées S'.

Dans le premier cas, les quantités ρ vérifient les égalités

$$F_1(\rho) = 0, \ F_2(\rho) = 0, \ F_3(\rho) = 0, \ F_4(\rho) = 0, \ F(\rho, \rho) = 0,$$

ce qui exige que le déterminant de la fonction F soit nul. On peut alors poser

$$\rho_1 = K\gamma_1, \ \rho_2 = K\gamma_2, \ \rho_3 = K\gamma_3, \ \rho_4 = K\gamma_4,$$

K étant un facteur de proportionnalité qui reste arbitraire (**). La surface, qui est une cyclide binodale, a pour équation $F(S', S') = 0$; par suite, les calculs précédents ne révèlent pas de nouvelle conique déférente. Pour expliquer ce résultat, il suffit de remarquer que les sphères inscrites à la

(*) Comparer **Casey**, *On cyclides and sphero-quartics*, p. 587.

(**) La signification de $\gamma_1, \ldots$ a été donnée plus haut, au § 5.

cyclide binodale sont de même puissance par rapport à un point quelconque de la droite CC'.

7. L'équation (10) devient encore homogène, si, après y avoir ajouté l'identité entre les coordonnées S' multipliée par un facteur indéterminé $\frac{1}{\lambda}$, on parvient à annuler les coefficients des termes du premier degré et le terme connu. Soit :

$$E(S', S') - 4\Sigma\omega'_1 S'_1 + 4R'^2 = 0 \qquad (11)$$

cette identité, $(\omega'_1, \ldots)$ étant les coordonnées barycentriques de O'. On devra poser

$$\lambda F_n(\rho) = 2\omega'_n, \quad \lambda F(\rho, \rho) = 4R'^2; \qquad (12)$$

la cyclide sera maintenant représentée par

$$\lambda F(S', S) + E(S', S') = 0,$$

et la nouvelle déférente par

$$\lambda F(\delta, \delta) + E(\delta, \delta) = 0.$$

La dernière équation montre que *toute nouvelle quadrique déférente est homoforale avec la première ;* car elle représente une surface qui est inscrite dans la développable circonscrite à la première déférente et au cercle imaginaire à l'infini.

Si l'on fait la substitution (9) dans l'identité (5), il vient :

$$E(S', S') - 4\sum\left[\omega_1 - \frac{1}{2}E_1(\rho)\right]S'_1 + E(\rho, \rho) - 4\sum\omega_1\rho_1 + 4R^2 = 0.$$

Ce résultat ne peut être différent de l'égalité (11) ; par conséquent,

$$\omega'_n = \omega_n - \frac{1}{2}E_1(\rho), 4R'^2 = E(\rho, \rho) - 4\sum\omega_1\rho_1 + 4R^2, \qquad (13)$$

et l'on peut remplacer les relations (12) par celles-ci :

$$\lambda F_n(\rho) + E_n(\rho) - 2\omega_n = 0, \qquad (14)$$
$$\lambda F(\rho, \rho) + E(\rho, \rho) - 4\Sigma\omega_1\rho_1 + 4R^2 = 0.$$

Retranchons de la dernière les précédentes multipliées respectivement par $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$; nous aurons :

$$\omega_1\rho_1 + \omega_2\rho_2 + \omega_3\rho_3 + \omega_4\rho_4 = 2R^2. \qquad (15)$$

Cette équation est la condition d'orthogonalité des deux sphères directrices (O, R), (O', R'), car l'équation de la première sphère est :

$$\Sigma\omega_1 S_1 - 2R^2 \equiv \Sigma\omega_1(S' + \rho_1) - 2R^2 = 0;$$

on voit qu'elle est homogène en S'.

Les égalités (14) et (15) peuvent servir à déterminer $\lambda, \rho_1, \rho_2, \rho_3$; l'élimination des ρ se fait linéairement et conduit à une équation du quatrième

degré en λ. Donc, toute cyclide est anallagmatique par rapport à cinq sphères qui sont orthogonales deux à deux. Les formules (12) font connaître ω'_1, ω'_2, ω'_3, ω'_4, R'.

On peut modifier ces calculs de manière à arriver à une interprétation élégante des résultats. A cet effet, écrivons les égalités (13) et (14) ainsi :

$$2\omega'_n = \omega_n \frac{\Sigma\omega_1\rho_1}{R^2} - E_n(\rho), \quad \lambda F_n(\rho) + E_n(\rho) - \omega_n \frac{\Sigma\omega_1\rho_1}{R^2} = 0, \qquad (16)$$

le facteur $\frac{\Sigma\omega_1\rho_1}{R^2}$ étant égal à l'unité en vertu de (15). Or, l'équation de la sphère directrice (O, R) est :

$$H(S, S) \equiv R^2E(S, S) - \Sigma^2\omega_1S_1 = 0;$$

par suite,

$$H_n(S) \equiv R^2E_n(S) - \omega_n\Sigma\omega_1S_1,$$

et les égalités (16) prennent la forme :

$$\omega'_1 : \omega'_2 : \omega'_3 : \omega'_4 = H_1(\rho), H_2(\rho), H_3(\rho), H_4(\rho), \qquad (17)$$

$$\lambda R^2F_n(\rho) + H_n(\rho) = 0. \qquad (18)$$

On a aussi, par les formules (12) :

$$\omega'_1 : \omega'_2 : \omega'_3 : \omega'_4 = F_1(\rho) : F_2(\rho) : F_3(\rho) : F_4(\rho). \qquad (19)$$

La sphère directrice (O, R) et la déférente correspondante que nous désignons par (Q), ont pour équations en coordonnées tangentielles :

$$H(\delta, \delta) = 0, F(\delta, \delta) = 0,$$

et les coordonnées barycentriques (*) du pôle d'un plan (δ_1, δ_2, δ_3, δ_4), par rapport à ces surfaces, sont proportionnelles aux demi-dérivées $H_1(\delta)$,... Il résulte de là et des égalités (17) et (19) que (ρ_1,...) sont proportionnels aux coordonnées d'un plan qui a pour pôle, par rapport à la sphère O et à la quadrique (Q), le centre O' de la nouvelle sphère directrice. Autrement dit, si l'on connaît une sphère directrice et la déférente correspondante d'une cyclide, les sommets du tétraèdre conjugué commun à la sphère et à la quadrique sont les centres des quatre autres sphères directrices.

La signification des quantités ρ résulte aussi des équations (18). En effet, toute quadrique inscrite dans la développable circonscrite à la sphère O et à la déférente Q a pour équation $\lambda F(\delta, \delta) + H(\delta, \delta) = 0$; si elle se réduit à une conique, les coordonnées des plans de cette courbe annulent les dérivées de l'équation précédente, dérivées qui ne diffèrent des premiers membres de (18) que par les notations. On sait que la développable pos-

(*) Les coefficients de l'équation d'un plan en coordonnées barycentriques sont proportionnels aux distances de ce plan aux sommets du tétraèdre de référence.

sède quatre coniques de striction, dont les plans sont les faces du tétraèdre conjugué à la sphère O et à Q (*).

8. Nous terminons ces études par un théorème qui nous paraît être nouveau. Soit $U=0$ l'équation d'une sphère quelconque (U). Posons :

$$S_1 \equiv U + P_1,\ S_2 \equiv U + P_2,\ S_3 \equiv U + P_3,\ S_4 \equiv U + P_4\,;$$

les équations $P_1=0,\ldots$ seront celles des plans radicaux de la sphère (U), combinée successivement avec chacune des sphères de référence. Ces plans forment un certain tétraèdre $B_1B_2B_3B_4$.

L'équation de la cyclide prend la forme :

$$F(U+P, U+P) \equiv U^2F(1, 1) + 2U\Sigma P_1F_1(1) + F(P, P) = 0. \qquad (20)$$

On en conclut d'abord que la surface n'est que du troisième ordre lorsque $F(1, 1)=0$. Cette dernière condition exprime que la cyclide passe par le pôle O, dont les coordonnées-puissances sont égales entre elles, et que la déférente touche le plan à l'infini. Ces conclusions peuvent être établies *à priori*.

Supposons $F(1, 1) \gtreqless 0$. L'équation précédente peut être écrite ainsi :

$$U[UF(1, 1) + 2\Sigma P_1F_1(1)] + F(P, P) = 0.$$

Elle met en évidence un système remarquable de quadriques (U) représentées par l'équation $F(P, P)=0$ et coupant la cyclide suivant deux courbes sphériques. Comme P_1, P_2, P_3, P_4 sont les coordonnées d'un point par rapport au tétraèdre $B_1B_2B_3B_4$ et que $F(\delta, \delta)=0$ est l'équation de la déférente (Q) en coordonnées tangentielles, il est presque évident que l'*enveloppe des plans radicaux d'une sphère fixe* (U) *et d'une sphère bitangente à la cyclide est une quadrique* (V). Pour démontrer rigoureusement cette proposition, remarquons que le plan radical de (U), et d'une sphère ayant pour équation $\Sigma\mu_1S_1=0$, est représenté par $\Sigma\mu_1P_1=0$; or, les égalités qui expriment que la sphère est bitangente à la cyclide $F(S, S)=0$, expriment aussi que le plan radical touche la quadrique $F(P, P)=0$.

On pourrait encore tirer de l'équation (20) d'autres conclusions intéressantes.

(*) Comparer *Sur une classe remarquable*, etc., art. 54.

M. J. NEUBERG

Professeur à l'Université de Liège.

SUR LE POINT DE STEINER

— *Séance du 13 août 1885* —

Steiner a démontré que par tout point R d'une ellipse E, il passe trois cercles osculateurs, dont les points de contact A_1, A_2, A_3 sont les sommets d'un triangle ayant pour centre de gravité G le centre de E; les quatre points A_1, A_2, A_3, R appartiennent à une même circonférence.

Le point R, qu'on peut appeler *point de Steiner*, du triangle $A_1A_2A_3$ s'est également présenté dans les recherches de MM. Tarry, Brocard et Boubals. Cependant la propriété des cercles osculateurs n'a pas été remarquée.

Pour trouver de nouvelles propriétés du point de Steiner, il suffit d'appliquer au cercle $A_1A_2A_3$ et à l'ellipse E, à l'intersection desquels se trouve ce point, les transformations qui font dériver ces lignes de lieux du premier ordre (*).

1° Étant donné un point quelconque N et un triangle fondamental $A_1A_2A_3$, les conjuguées harmoniques des droites A_1N, A_2N, A_3N, par rapport aux angles $A_1, A_2 A_3$ du triangle, rencontrent les côtés opposés en trois points qui sont sur une même droite n, appelée *polaire trilinéaire* de N.

Toute conique circonscrite à $A_1A_2A_3$ est le lieu du pôle d'une droite tournant autour du centre d'homologie du triangle $A_1A_2A_3$ et de son polaire réciproque par rapport à la conique. D'après cela, le point de Steiner est le pôle trilinéaire de la droite qui joint le centre d'homologie du cercle $A_1A_2A_3$ (point de Lemoine K) à celui de l'ellipse E (centre de gravité G).

2° Si l'on transforme les deux coniques par *points inverses*, on voit que le point de Steiner a pour droite de Simson une parallèle au diamètre OK du cercle de Brocard (O = centre du cercle $A_1A_2A_3$).

Cette propriété entraîne des conséquences importantes. Soient B_1, B_2, B_3 les projections du point de Lemoine K sur les perpendiculaires élevées aux milieux des côtés du triangle $A_1A_2A_3$. M. Brocard a démontré que les triangles $A_1A_2A_3$, $B_1B_2B_3$ sont inversement semblables. On peut compléter cette proposition en ajoutant que les côtés homologues de ces triangles ont les directions symétriques par rapport à un axe de l'ellipse E. De plus, le point K est le point de Steiner du triangle $B_1B_2B_3$.

(*) Pour ces transformations, nous nous servirons des dénominations proposées par M. Mathieu (*Nouvelles Annales*, 1865, p. 393) et par M. G. de Longchamps (*Annales de l'École normale supérieure*, t. IV).

3° Deux points sont dits *réciproques* lorsque les droites qui les joignent à un même sommet du triangle fondamental rencontrent le côté opposé en deux points symétriques par rapport au milieu de ce côté.

L'ellipse E est le lieu des points dont les réciproques sont à l'infini. On déduit de là que les droites joignant un sommet de $A_1A_2A_3$ au point de contact du côté opposé avec une parabole inscrite, se rencontrent en un point de E. Le cercle $A_1A_2A_3$ est la transformée par points réciproques d'une certaine droite perpendiculaire à la droite OG.

On conclut de là que le réciproque de R est à l'infini sur une perpendiculaire à OG; l'inverse de ce point à l'infini est le pôle trilinéaire de la droite OK.

4° A l'ellipse E, on peut inscrire un triangle RR′R″ dont un sommet est au point de Steiner et dont le centre de gravité est encore G. Les points R′, R″ sont, respectivement, à l'intersection de trois parallèles à B_2B_3, B_3B_1, B_1B_2 menées par A_3, A_1, A_2 ou par A_2, A_3, A_1. Ils appartiennent aussi aux circonférences des segments capables des angles $\pi - A_1$, $\pi - A_2$, $\pi - A_3$ construits extérieurement sur les côtés a_3, a_1, a_2 ou a_2, a_3, a_1 du triangle fondamental.

5° La transformée par points inverses de la droite OK est une courbe remarquable qui a été étudiée récemment par M. Brocard, et dont M. Kiepert avait déjà donné l'équation en cherchant le lieu des points de concours des droites joignant les sommets du triangle $A_1A_2A_3$ aux sommets des triangles isocèles semblables construits sur les côtés opposés.

Cette courbe est encore le lieu du pôle trilinéaire d'une droite quelconque perpendiculaire à OG; c'est aussi le lieu des points réciproques avec ceux de la droite GK.

On peut déterminer très simplement les points de rencontre de la conique de Kiepert avec le cercle $A_1A_2A_3$ et avec l'ellipse E. Le premier point est, sur le cercle, diamétralement opposé au point de Steiner et les triangles isocèles correspondants construits sur a_1, a_2, a_3 ont pour angle à la base le complément de l'angle de Brocard. Les droites qui joignent les centres de gravité de ces mêmes triangles isocèles aux points A_1, A_2, A_3 se coupent sur l'ellipse E et sur l'hyperbole de Kiepert.

6° On peut généraliser le lieu de Kiepert en considérant trois triangles semblables quelconques $A_1A_2C_3$, $A_2A_3C_1$, $A_3A_1C_2$ et en cherchant la condition pour que les droites A_1C_1, A_2C_2, A_3C_3 concourent en un même point. En excluant le cas des triangles isocèles, traité plus haut, on trouve que les triangles $A_1A_2C_3$, $A_2A_3C_1$, $A_3A_1C_2$ ont même angle de Brocard que $A_1A_2A_3$; leurs sommets décrivent trois cercles, que les droites A_1C_1, A_2C_2, A_3C_3 sont parallèles, enfin que les centres de gravité des trois triangles semblables sont en ligne droite avec celui de $A_1A_2A_3$.

M. Ch.-V. ZENGER

Professeur à l'École polytechnique slave de Prague.

SOLUTION LOGARITHMIQUE DES ÉQUATIONS NUMÉRIQUES.

— *Séance du 13 août 1885* —

Les méthodes appliquées jusqu'ici à la solution des équations numériques supérieures requièrent des calculs arithmétiques longs et pénibles. En introduisant les calculs logarithmiques, je suis parvenu à une solution rapide et peu fatigante.

La méthode de solution logarithmique se prête à la fois aux équations de bas et haut ordre avec la même précision et rapidité.

Soit :

$$x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \ldots.. + A_n = 0 \qquad (1)$$

l'équation donnée à coefficients réels. En désignant par u la limite supérieure de racines réelles trouvées par les méthodes connues, et en transformant l'équation de manière que :

$$y = \frac{x}{u} \quad \text{ou} \quad x = uy,$$

nous obtenons :

$$y^n + a_1 y^{n-1} + a_2 y^{n-2} + \ldots.. + a_n = 0; \qquad (2)$$

les coefficients deviennent :

$$a_1 = \frac{A_1}{u}, \qquad a_2 = \frac{A_2}{u^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot a_n = \frac{A_n}{u^n}. \qquad (3)$$

Soit u_1 la racine exacte de l'équation (1), nous obtenons également :

$$y' = \frac{x}{u_1} \qquad \text{ou} \qquad x = u_1 y',$$

et l'équation transformée devient :

$$y'^n + a_1 y'^{n-1} + a_2 y'^{n-2} + \ldots.. + a'_n = 0, \qquad (4)$$

où

$$a_1 = \frac{A_1}{u_1}, \qquad a_2 = \frac{A_2}{u_1^2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot a'_n = \frac{A_n}{u_1^{\,n}}.$$

La racine $x = u_1$ satisfait à l'équation donnée, et de là la valeur

$$y' = \frac{u_1}{u_1} = 1,$$

est une racine (limite supérieure) de l'équation (4); nous avons la relation :

$$1 + a'_1 + a'_2 + \ldots\ldots + a'_n = 0. \qquad (5)$$

En remplaçant la valeur limite u par $u + du$, nous aurons les coefficients :

$$a_1, \; a_2, \; \ldots\ldots \; a_n,$$

un peu différents, lesquels nous désignons par :

$$a_1 + da_1, \; a_2 + da_2, \; \ldots\ldots \; a_n + da_n.$$

D'après cette supposition, $u_1 - u = du$ est un nombre très petit, et en y joignant à (u) l'incrément $du = u_1 - u$, et en substituant $u + du = u_1$, l'équation (2) se transforme en équation (4); alors la relation existe :

$$1 + a_1 + da_1 + a_2 + da_2 + \ldots\ldots + a_n + da_n = 0. \qquad (6)$$

L'incrément étant petit, nous pouvons le remplacer par les différentiels de :

$$\begin{aligned} \log a_1 &= \log A_1 - \log u \\ \log a_2 &= \log A_2 - 2 \log u \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \log a_n &= \log A_n - n \log u, \end{aligned}$$

c'est-à-dire nous écrirons :

$$\begin{aligned} \frac{da_1}{a_1} &= - \frac{du}{u}, & \text{ou :} \quad da_1 &= - a_1 \frac{du}{u} \\ \frac{da_2}{a_2} &= -2 \frac{du}{u} & da_2 &= -2a_2 \frac{du}{u} \\ &\ldots\ldots & &\ldots\ldots \\ \frac{da_n}{a_n} &= -n \frac{du}{u} & da_n &= -na_n \frac{du}{u}. \end{aligned}$$

Si les valeurs rapprochées de l'incrément da satisfont à la relation (6), du représente une valeur approchée de $u' - u$, c'est-à-dire $u + du$ devient valeur approchée de la racine cherchée.

Posons :

$$1 + a_1 + a_2 + \ldots\ldots + a_n = \mathcal{E}, \qquad (8)$$

nous en tirons la condition pour (du) :

$$\mathcal{E} - \frac{du}{u} [\mathcal{E} - 1 + a_2 + 2a_3 + 3a_n + \ldots\ldots + (n - 1)a_n] = 0,$$

nous en tirons :

$$du = \frac{u\mathcal{E}}{\mathcal{E} - 1 + a_2 + 2a_3 + \ldots\ldots + (n-1)a_n}. \qquad (9)$$

Avec cette valeur $u + du$, on procède de la même manière qu'avec u, jusqu'à ce que les coefficients (a) calculés, appartenant à la dernière approximation de la valeur u, satisfassent exactement à l'équation (5), c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on obtienne la valeur de (2) assez peu différente de 0.

Exemple : Soit donnée l'équation cubique :

$$x^3 + A_1 x^2 + A_2 x + A_3 = 0.$$

Nous avons alors :

$$a_1 = \frac{A_1}{u}, \qquad a_2 = \frac{A_2}{u^2}; \qquad a_3 = \frac{A_3}{u^3}$$

$$1 + a_1 + a_2 + a_3 = \mathcal{E}; \qquad du = \frac{u\mathcal{E}}{\mathcal{E} - 1 + a_2 + 2a_3}.$$

Appliquons cela à l'équation :

$$x^3 - 2x^2 + x - 7 = 0.$$

Le nombre 3 donne des valeurs positives de la fonction x et de sa dérivée, il est limite supérieure des racines; soit $u = 3$, nous obtenons :

A)$\cdots$ $a_1 = -\frac{2}{3}$, $a_2 = \frac{1}{9}$, $a_3 = -\frac{7}{27}$, $\mathcal{E} = \frac{5}{27}$, $du = -\frac{15}{33} = -0{,}454$

de là, approximativement :

B) $$u + du = 3 - 0{,}454,$$

ou brièvement :

$$3 - 0{,}5 = u_1 = 2{,}5,$$

nous obtenons :

$a_1 = -0{,}8$; $\quad a_2 = 0{,}16$, $\quad a_3 = -0{,}448$, $\quad \mathcal{E} = -0{,}09$; $\quad du = 0{,}12$

C)..... $$\log(-a_1) = \log 2 - \log u = 0{,}30103$$
$$-0{,}41830$$
$$\overline{0{,}88273 - 1}$$
$$-a_1 = 0{,}763$$

$$\log 1 - 2\log a_2 = \log u = 0{,}00000$$
$$-0{,}83660$$
$$\overline{0{,}16340 - 1}$$
$$a_2 = 0{,}145$$

$$\log(\ \ a_3) = \log 7 - 3\log u = 0{,}84510$$
$$-1{,}25490$$
$$\overline{0{,}59020 - 1}$$
$$a_3 = -0{,}389$$

$\mathcal{E} = -0,007;\quad du = 0,011;\quad u + du = 2,631.$

En substituant $u_1 = 2,631$, nous avons :

D)..... $\log(-a_1') = \log 2 - \log u = 0,30103$
$-0,42012$
$0,88091 - 1$
$a_1 = -0,7602$

$\log a_2' = \log 1 - 2\log u = 0,00000$
$-0,84024$
$0,15976 - 1$
$a_2 = 0,1445$

$\log(-a_3') = \log 7 - 3\log u = 0,84510$
$-1,26086$
$0,58474 - 1$
$a_3 = -0,3844$

$\mathcal{E} = -0,0001,\quad du = 0,0001,\quad u + du = 2,6311$

Cette valeur de $u_1 = 2,6311$ est exacte jusqu'à la quatrième décimale, car en substituant cette valeur dans la fonction :

$$x^3 - 2x^2 + x - 7 = 0,$$

nous obtenons la valeur négative de

$$-\ 0,0014,$$

tandis que par la substitution de $u_1 = 2,6312$, nous obtenons la valeur positive de :

$$+\ 0,0009.$$

Par la regula falsi, nous pouvons alors obtenir aisément la précision de la 5e et 6e décimale.

M. G. DE LONGCHAMPS

Professeur de mathématiques spéciales au Lycée Charlemagne.

INTÉGRATION DE CERTAINES SUITES RÉCURRENTES

— Séance du 13 août 1885 —

1. Soit U_n l'intégrale cherchée ; je suppose qu'elle soit liée aux fonctions suivantes : U_{n-1}, U_{n-2}....., U_{n-j} par l'équation :

(1) $$U_n = A_1 U_{n-1} + A_2 U_{n-2} + \ldots\ldots + A_j U_{n-j} + \varphi_p(n),$$

$\varphi_p(n)$ désignant un polynôme entier par rapport à n et du degré p. Je me propose de déterminer U_n. Lorsque la fonction φ_p est identiquement nulle, on retombe dans les suites récurrentes proprement dites qui ont été considérées par Lagrange et que l'on sait intégrer. Nous allons ramener l'intégration de U_n à la recherche de l'intégrale d'une série de ce genre.

A cet effet, effectuons un changement de fonction naturellement indiqué par la question, et posons :

$$U_n = V_n + \lambda_0 n^p + \lambda_1 n^{p-1} + \ldots\ldots + \lambda_p, \tag{2}$$

et soit :

$$\varphi_p(n) = B_0 n^p + B_1 n^{p-1} + \ldots\ldots + B_p. \tag{3}$$

L'équation (1) devient :

$$\begin{aligned} V_n + \lambda_0 n^p + \lambda_1 n^{p-1} + \ldots\ldots + \lambda_p = {} & A_1 V_{n-1} + A_1\left[\lambda_0(n-1)^p + \ldots\ldots + \lambda_p\right] \\ & + A_2 V_{n-2} + A_2\left[\lambda_0(n-2)^p + \ldots\ldots + \lambda_p\right] \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & + A_j V_{n-j} + A_j\left[\lambda_0(n-j)^p + \ldots\ldots + \lambda_p\right] \\ & + B_0 n^p + B_1 n^{p-1} + \ldots\ldots + B_p. \end{aligned} \tag{4}$$

Disposons maintenant des paramètres arbitraires $\lambda_0, \lambda_1, \ldots\ldots \lambda_p$ de la manière suivante :

$$\left\{\begin{aligned} \lambda_0 &= \lambda_0(A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_j) + B_0, \\ \lambda_1 &= -\lambda_0(A_1 p + 2A_2 p + \ldots\ldots + jA_j p) + \lambda_1(A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_j) + B_1, \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \lambda_p &= (-1)^p \lambda_0\left(A_1 + 2^p A_2 + \ldots\ldots + j^p A_j\right) + \ldots\ldots + \lambda_p(A_1 + A_2 + \ldots\ldots \\ & \quad + A_j) + B_p. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Tous les termes en n^p, n^{p-1}, ... disparaissent et l'on a :

$$V_n = A_1 V_{n-1} + A_2 V_{n-2} + \ldots\ldots + A_j V_{n-j}. \tag{6}$$

En intégrant cette équation on introduit j constantes arbitraires et le problème proposé comporte seulement ce nombre de constantes arbitraires, puisqu'on doit pouvoir calculer U_j, connaissant $U_0, U_1, \ldots\ldots U_{j-1}$.

A ce propos nous croyons devoir rappeler que le problème en question est complètement résolu, même quand on ne sait pas trouver les racines de l'équation génératrice qui correspond à l'égalité (6) puisque, comme nous l'avons établi ailleurs (*), *on peut calculer l'intégrale U_n par des fonctions symétriques des racines de l'équation génératrice.*

(*) *Sur les séries récurrentes proprement dites et sur un théorème de Lagrange;* Annuaire 1880, p. 91.
V. aussi : *Sur une nouvelle espèce de fractions continues (Journal de mathématiques spéciales,* 1884; p. 25).

Mais les équations (5) exigent une discussion que nous allons aborder et qui aboutit à un cas particulier auquel échappe la méthode que nous venons d'indiquer.

2. En jetant les yeux sur ces équations, on voit immédiatement qu'elles donnent pour les inconnues $\lambda_0, \lambda_1, \ldots\ldots \lambda_p$ des valeurs finies et bien déterminées, quand on suppose :

$$A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_j - 1 \neq 0\,;$$

le cas particulier qui se présence ici et qui exige une solution que nous allons donner, est donc celui où l'on suppose :

$$(7) \qquad A_1 + A_2 + \ldots\ldots + A_j = 1.$$

Revenons à l'équation (1), puis effectuons, avant l'application de la méthode précédente, un changement de fonction et posons, à cet effet,

$$U_n - U_{n-1} = u_n.$$

Les égalités :

$$U_n - U_{n-1} = u_n,\ U_{n-1} - U_{n-2} = u_{n-1},\ \ldots\ldots\ U_{n-j+1} - U_{n-j} = u_{n-j+1},$$

étant multipliées, respectivement, par

$$1,\ -(A_1 - 1),\ -(A_1 + A_2 - 1),\ \ldots\ldots\ -(A_1 + A_2\ \ldots\ldots + A_{j-1} - 1),$$

donnent :

$$\begin{aligned} &U_n - A_1 U_{n-1} - A_2 U_{n-2} \ldots\ldots + (A_1 + A_2 \ldots\ldots + A_{j-1} - 1) U_{n-j} \\ &= u_n - (A_1 - 1) u_{n-1} - (A_1 + A_2 - 1) u_{n-2} \ldots\ldots \\ &- (A_1 + A_2 \ldots\ldots + A_{j-1} - 1) U_{n-j+1}. \end{aligned}$$

L'égalité (7) permet d'écrire cette relation plus simplement :

$$U_n - A_1 U_{n-1} - A_2 U_{n-2} \ldots\ldots - A_j U_{n-j} = u_n - (A_1 - 1) u_{n-1} \ldots\ldots + A_j u_{n-j+1}.$$

L'équation (1) devient alors :

$$(8) \quad u_n = (A_1 - 1) u_{n-1} + (A_1 + A_2 - 1) u_{n-2} + \ldots\ldots + A_j u_{n-j+1} + \varphi(n).$$

On appliquera à la recherche de u_n la méthode indiquée, puis de l'égalité :

$$U_n - U_{n-1} = u_n$$

on déduira :

$$U_n - U_0 = u_n + u_{n-1} + \ldots\ldots + u_1.$$

S'il arrivait que dans l'égalité (8) les coefficients

$$A_1 - 1,\ A_1 + A_2 - 1,\ \ldots\ldots\ A_j$$

aient encore une somme égale à l'unité, on appliquerait de nouveau l'artifice indiqué ; et ainsi de suite.

3. Lorsque l'équation récurrente proposée est de la forme :

$$U_n = A_1 U_{n-1} + \dots\dots + A_j U_{n-j} + t^n \varphi(n),$$

φ désignant encore une fonction entière, on posera :

$$U_n = t^n \zeta^n,$$

et la fonction ζ se déterminera au moyen de l'équation récurrente :

$$\zeta^n = \frac{A_1}{t}\zeta^{n-1} + \dots\dots + \frac{A_j}{t^j}\zeta^{n-j} + \varphi(n).$$

On se trouve ainsi ramené au cas que nous avons traité.

4. En obéissant à une pente bien naturelle, on serait conduit à la recherche de l'intégrale U_n quand φ représente, non plus une fonction entière, mais le rapport de deux fonctions entières. Le problème présente alors des difficultés d'un ordre tout différent et ne peut être résolu qu'en introduisant dans l'analyse certains nombres transcendants. Un simple exemple fera comprendre la difficulté à laquelle nous venons de faire allusion.

Soit proposée l'équation récurrente :

$$U_n = kU_{n-1} + \frac{1}{n}.$$

Posons :

$$U_n = k^n V_n,$$

l'équation proposée devient :

$$V_n = V_{n-1} + \frac{1}{n}\left(\frac{1}{k}\right)^n.$$

Cette relation donne :

$$V_n = V_0 + \frac{1}{1}\cdot\frac{1}{k} + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{k}\right)^2 + \dots\dots + \frac{1}{n}\left(\frac{1}{k}\right)^n,$$

et comme

$$V = U_0,$$

on a finalement :

$$U_n = k^n U_0 + \frac{1}{1}\cdot\frac{1}{k} + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{k}\right)^2 + \dots\dots + \frac{1}{n}\left(\frac{1}{k}\right)^n.$$

L'intégrale U_n est donc une fonction de l'exponentielle et d'une autre fonction :

$$\frac{1}{1}\cdot\frac{1}{k} + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{k}\right)^2 + \dots\dots + \frac{1}{n}\left(\frac{1}{k}\right)^n.$$

En posant :

$$y=\frac{1}{1}\cdot\frac{1}{k}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{k^2}+\cdots\cdots+\frac{1}{n}\cdot\frac{1}{k^n},$$

on a :

$$-\frac{dy}{dk}=k^{-2}+k^{-3}\,.....+k^{-n-1},$$

ou :

$$-\frac{dy}{dk}=\frac{k^n-1}{k-1}\cdot\frac{1}{k^{n+1}}.$$

On tire de là :

$$y=\int_{\infty}^{k}\frac{1-k^n}{k^{n+1}(k-1)},$$

et finalement :

$$U_n=k^nU_0+\int_{\infty}^{k}\frac{1-k^n}{k^{n+1}(k-1)}.$$

5. Équation récurrente homographique. — Parmi les équations récurrentes qui ne rentrent pas dans celles de Lagrange et que l'on peut intégrer, nous signalerons encore celles dans lesquelles les deux fonctions consécutives V_p, V_{p-1} vérifient une relation homographique :

$$AV_pV_{p-1}+BV_p+CV_{p-1}+D=0.$$

Nous supposerons formellement $A\neq 0$. Si l'on avait $A=0$, l'équation récurrente proposée serait :

$$BV_p+CV_{p-1}+D=0;$$

elle appartient au genre des équations de Lagrange et l'intégrale V_p est donnée par la formule :

$$V_p=-\frac{D}{B+C}+\lambda\left(-\frac{C}{B}\right)^p,$$

λ désignant la constante arbitraire.

Mais plaçons-nous dans le cas général et supposons $A\neq 0$. On peut diviser l'équation par A et l'écrire :

$$V_pV_{p-1}+\alpha V_p+\beta V_{p-1}+\gamma=0,$$

ou bien :

$$(V_p+\beta)(V_{p-1}+\alpha)+\gamma-\alpha\beta=0.$$

Ici se présente un cas singulier; celui où $\gamma=\alpha\beta$. Dans cette hypothèse on a :

$$(V_p+\beta)(V_{p-1}+\alpha)=0,$$

et alors de deux choses l'une, ou l'on a $\alpha \gtrless \beta$ et alors $V_p=-\beta$ et $V_{p-1}=-\alpha$ sont en contradiction : la première formule donne la série $-\beta, -\beta \ldots..$; la seconde formule, une série différente $-\alpha, -\alpha, \ldots..$ Si au contraire $\alpha=\beta$, alors la série est définie; c'est la suite $-\alpha, -\alpha, \ldots..$

Enfin, revenons au cas général, et supposons $\alpha\beta-\gamma=K$, K n'étant pas nul.

Posons :

$$V_p+\beta=W_p.$$

L'équation devient :

(A) $$W_p(W_{p-1}+\alpha-\beta)=K.$$

Un nouveau cas particulier se présente ici; celui où l'on suppose $\alpha=\beta$. Dans cette hypothèse on a :

$$W_p W_{p-1}=K,$$

qui donne :

$$W_2=\frac{K}{W_1},$$
$$W_3=W_1,$$
$$W_4=\frac{K}{W_1}$$
$$W_5=W_1.$$

En général,

$$W_{2p}=\frac{K}{W_1},$$

et :

$$W_{2p+1}=W_1;$$

par suite :

$$\begin{cases} V_{2p}=\dfrac{K}{V_1+\beta}-\beta \\ V_{2p+1}=V_1+\beta. \end{cases}$$

Si $\frac{K}{W_1}-W_1=\alpha\beta-\gamma-(V_1+\beta)^2$, est différent de zéro, la série

n'est pas bien définie, et le rapport d'un terme au précédent est tantôt $\frac{W_1^2}{K}$, tantôt $\frac{K}{W_1^2}$.

Si au contraire $W_1 = \pm K$, on a une série formée de termes tous égaux.

Revenons au cas général. Posons $\alpha - \beta = K'$, K' n'étant pas nul.

Nous avons :

$$W_p (W_{p-1} + K') = K.$$

Changeons encore de variable et posons :

$$W_p = \frac{Z_{p-1}}{Z_p}.$$

L'équation (A) devient :

$$\frac{Z_{p-1}}{Z_p}\left(\frac{Z_{p-2}}{Z_{p-1}} + K'\right) = K$$

ou :

$$KZ_p - K'Z_{p-1} - Z_{p-2} = 0.$$

Si l'on a $K'^2 - 4K \gtrless 0$, c'est-à-dire $(\alpha + \beta)^2 - 4\gamma \gtrless 0$, en appelant ε et ε' les racines de l'équation :

$$KX^2 - K'X - 1 = 0.$$

On sait par le théorème de Lagrange que l'intégrale Z_p est donnée par

$$Z_p = \lambda \varepsilon^p + \lambda' \varepsilon'^p.$$

On a donc,

$$W_p = \frac{\lambda \varepsilon^{p-1} + \lambda' \varepsilon'^{p-1}}{\lambda \varepsilon^p + \lambda' \varepsilon'^p},$$

et enfin,

$$V_p = \frac{\varepsilon^{p-1}(\lambda - \lambda\beta\varepsilon) + \varepsilon'^{p-1}(\lambda' - \lambda'\beta\varepsilon')}{\lambda \varepsilon^p + \lambda' \varepsilon'^p}.$$

Dans cette formule, λ et λ' sont deux constantes arbitraires.

M. J. PILLET

Maître de dessin de machines, à l'École polytechnique.

ÉQUILIBRE DU CERF-VOLANT

— *Séance du 14 août 1885* —

1. *Pression du vent sur une surface plane.*

Rappelons d'abord que lorsqu'une surface plane d'aire Ω (exprimée en mètres carrés), est soumise à l'action normale du vent, si v est la vitesse (exprimée en mètres) du courant, la pression normale développée est donnée par la formule :

$$K = 0{,}113\Omega v^2.$$

K, exprimée en kilogrammes, est ce que nous nommerons la *Puissance du vent*.

Si le plan se présente obliquement au courant, en désignant par α l'angle du plan avec la direction du vent, il faut prendre la composante normale, $v \sin \alpha$, de la vitesse et la pression normale est alors donnée par l'expression :

$$N = K \sin^2 \alpha.$$

Cette pression N peut être considérée comme appliquée au centre de figure de la surface ou, à son défaut, à son centre de gravité géométrique.

Graphiquement, cette pression normale s'obtient par la construction indiquée (fig. 14).

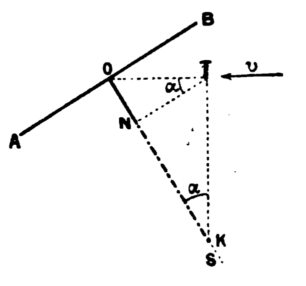


Fig. 14.

AB étant la surface plane, O son centre de gravité, v la direction du vent. On prend sur la normale OS une longueur $\overline{OK} = K = 0{,}113\Omega v^2$.

On projette une première fois OK en OT sur la direction du vent, et une seconde fois OT en ON sur la normale.

On a :

$$OT = K \sin \alpha \qquad \text{et} \qquad ON = OT \sin \alpha = K \sin^2 \alpha.$$

II. *Données* (fig. 15) :

G, centre de gravité statique du cerf-volant, c'est-à-dire celui qui résulte de la composition de son poids propre et de celui de la queue ou contrepoids, mais non compris celui du fil.

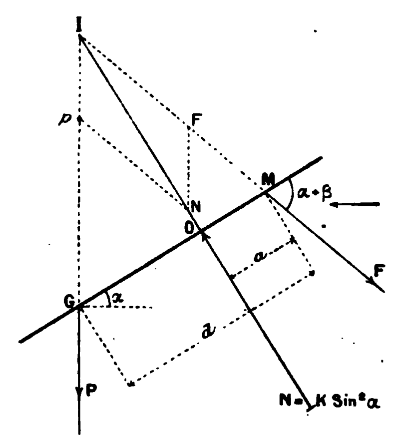


Fig. 15.

P, le poids du cerf-volant, y compris la queue.

α, l'angle que le cerf-volant fait avec la direction du vent.

F, la tension du fil.

MF, sa direction, faisant avec l'horizontale un certain angle (on suppose le vent dirigé horizontalement).

β, cet angle.

M, le point d'application ou point d'attache du fil.

d, la distance de ce point d'application au centre de gravité G.

$\mathcal{E} = \alpha + \beta$, l'angle que le fil fait avec le plan du cerf-volant.

$N = K \sin^2 \alpha$, la pression normale du vent.

O, son point d'application.

a, la distance de ce point d'application au point M d'attache du fil.

III. *Équations générales d'équilibre.* — Écrivons : 1° Que la somme des composantes tangentielles des forces P, N et F est nulle. Cela donne :

$$\text{(A)} \qquad P \sin \alpha = F \cos (\alpha + \beta).$$

2° Que la somme des composantes normales est nulle.

$$\text{(B)} \qquad P \cos \alpha + F \sin (\alpha + \beta) = K \sin^2 \alpha.$$

3° Que la somme des moments pris par rapport à un point quelconque, le point M, par exemple, est nulle. Nous obtenons :

$$\text{(C)} \qquad Pd \cos \alpha = aK \sin^2 \alpha.$$

Telles sont les équations d'équilibre.

Remarquons, en outre :

Que si l'on prolongeait les trois forces P, N et F, elles devraient se rencontrer en un même point I.

Par conséquent, si les trois points d'application G, O et M sont déterminés, pour une position prise par le cerf-volant et répondant à un angle α, comme IP sera toujours vertical et OI toujours normal au plan du cerf-volant, la connaissance de P entraînera celle de N et de F.

IV. *Construction graphique des angles* α, β. — Nous supposons que l'on connaît K (qui ne dépend que de la vitesse du vent et de la surface du cerf-

volant). K est ce que j'ai appelé la *puissance du vent*. On connaît également a et d, ou simplement le rapport $m = \frac{d}{a}$, ce qui revient à dire que l'on connaît le point d'attache du fil.

Cela nous permet de déterminer graphiquement la position d'équilibre du cerf-volant, c'est-à-dire les quantités α, β et F (fig. 16.)

A cet effet, l'équation (C) donne :

$$K \sin^2 \alpha = \frac{d}{a} P \cos \alpha.$$

Réalisons graphiquement cette équation.

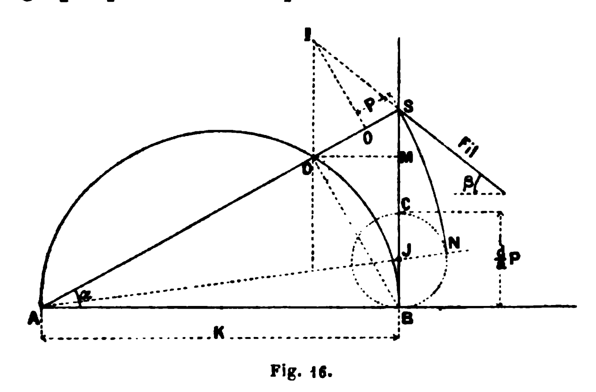


Fig. 16.

Prenons AB = K, décrivons la demi-circonférence qui aurait AB pour diamètre, menons la tangente BM et par A menons une sécante telle que le segment intercepté DS soit égal à $\frac{d}{a}$ P; je dis que AS sera la direction prise par le cerf-volant.

En effet, la figure 16 donne :

$$\overline{DM} = \overline{DS} \cos \alpha = \frac{d}{a} P \cos \alpha;$$

d'autre part :

$$\overline{DM} = \overline{DB} \sin \alpha,$$

et

$$\overline{DB} = K \sin \alpha,$$

donc :

$$\overline{DM} = K \sin^2 \alpha,$$

d'où l'on déduit :

$$\frac{d}{a} P \cos \alpha = K \sin^2 \alpha.$$

Ce qui vérifie l'équation (C).

Pour trouver la position AS, j'opère ainsi :

1° Sur la tangente BS, je prends $BC = \frac{d}{a} P$, et sur BC comme diamètre je construis une circonférence. Soit J son centre.

2° Je joins AJ, je prolonge en N jusqu'à la circonférence, et AS est égal à AN.

(Facile à démontrer par la géométrie.)

Connaissant l'angle α, on en déduira β en reconstruisant en DIS un triangle semblable au triangle IGM de la figure 15, trouvé par la considération du parallélogramme des forces.

A cet effet : 1° On partagera DS au point O dans le rapport $\frac{DS}{OS} = \frac{d}{a}$, ce qui revient, puisque $DS = \frac{d}{a} P$, à prendre $OS = P$.

2° On élèvera $\overline{OI}$ perpendiculaire sur DS, jusqu'à la rencontre avec la verticale DI.

3° On joindra IS et l'on aura la direction du fil, et par suite l'angle β.

Le parallélogramme des forces donnerait ensuite la valeur de F, tension du fil.

Nous reviendrons plus loin sur cette détermination de F.

V. *Maximum de l'angle β, c'est-à-dire maximum de l'altitude.* — Le fil prend la forme d'une chaînette, et il est évident que, pour une longueur déterminée du fil, plus l'angle β au départ, que forme la chaînette, sera grand, plus le cerf-volant aura pris de l'altitude.

Cherchons donc, pour une valeur donnée de P et de K, quelle est la valeur de α qui rendra β maximum.

Des trois équations générales A, B et C, on tire facilement :

$$(1) \qquad \operatorname{tg} \beta = \operatorname{cotg} \alpha - \frac{P}{K \sin^3 \alpha}.$$

Prenons la dérivée de tg β, par rapport à α :

$$\operatorname{tg}' \beta = - \frac{1}{\sin^2 \alpha} + \frac{3p}{K} \frac{\cos \alpha}{\sin^4 \alpha}.$$

Réduisant :

$$\operatorname{tg}' \beta = - \frac{3P \cos \alpha - K \sin^2 \alpha}{K \sin^4 \alpha},$$

qui s'annule pour :

$$(2) \qquad 3P \cos \alpha = K \sin^2 \alpha.$$

Telle est l'équation du *maximum*.

VI. *Construction graphique de l'angle* α. — Comparant cette équation (2) à l'équation (C), qui est :

$$\text{(C)} \qquad \frac{d}{a} P \cos \alpha = K \sin^2 \alpha,$$

et nous reportant à la figure 16, on voit que pour construire l'angle α répondant au maximum de β, il faut mener la sécante AS de telle sorte que le segment intercepté DS soit égal à 3P.

Il suffira de donner à la petite circonférence auxiliaire de centre J (fig. 16) un diamètre égal à 3P.

VII. *Mode d'attache répondant au maximum de* β. — La figure 16 montre, puisque $\overline{DS} = \frac{d}{a} P$, que DS devant être égal à 3P pour le maximum de β, il faut que l'on ait :

$$\text{(3)} \qquad d = 3a.$$

Résultat remarquable : il prouve que le fil doit être placé de telle sorte que :

La distance du centre de gravité au point d'attache du fil soit le triple de la distance du centre de pression au même point d'attache.

VIII. *Force ascensionnelle.* — La force ascensionnelle sera le poids P du cerf-volant. Nous pouvons nous proposer de calculer, pour un angle β pris par le fil, c'est-à-dire pour une altitude déterminée, et pour un angle α pris par le cerf-volant, quelle serait la force ascensionnelle P.

La formule (1), qui donnait $\operatorname{tg} \beta$, donne :

$$(a) \qquad P = K \sin^2\alpha \cos \alpha - K \sin^3\alpha \operatorname{tg} \beta,$$

ou bien, en remplaçant $\sin^2 \alpha$ par $1 - \cos^2 \alpha$:

$$\text{(1 bis)} \qquad P = K \cos \alpha - K \cos^3 \alpha - K \sin^3\alpha \operatorname{tg} \beta.$$

Maximum de la force ascensionnelle. — Quel serait l'angle α qu'il faudrait, par un point d'attache convenable du fil, faire prendre au cerf-volant pour rendre P maximum?

En dérivant, dans l'équation (1 *bis*), P par rapport à α, et annulant cette dernière P, on obtient l'équation :

$$\text{(4)} \qquad \cos (2a + \beta) = -\frac{1}{3} \cos \beta,$$

qui détermine α en fonction de β. Il est facile de reconnaître, par des calculs que nous ne reproduisons pas, que cette équation (4) est une conséquence de l'équation (2), qui répondait au maximum d'altitude et des équations d'équilibre A, B et C. Elle entraîne donc aussi l'équation (3)

$$d = 3a,$$

déjà trouvée pour déterminer le point d'attache du fil.

Par conséquent la position du point d'attache du fil, donnée par la formule $d = 3a$, est la condition nécessaire et suffisante pour réaliser aussi bien le maximum d'altitude que le maximum de force ascensionnelle.

IX. *Tension du fil.* — Calcul de F.

Le parallélogramme des forces (fig. 15) donne :

$$F^2 = P^2 + K^2 \sin^4 \alpha - 2PK \sin^2 \alpha \cos \alpha.$$

Mais l'équation (2) du maximum donne :

$$K = \frac{3P \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \qquad \text{et} \qquad K^2 = \frac{9P^2 \cos^2 \alpha}{\sin^4 \alpha};$$

en remplaçant il vient :

$$F^2 = P^2 + 9P^2 \cos^2 \alpha - 6P^2 \cos^2 \alpha,$$

ou :

$$(5) \qquad F^2 = P^2(3 \cos^2 \alpha + 1).$$

X. *Limites entre lesquelles variera la tension du fil* F :

1° Pour $\alpha > \frac{\pi}{2}$:

$$F^2 = P^2 \quad \text{ou} \quad F = P.$$

La vitesse du vent est nulle : le fil ne fait que soutenir le cerf-volant, qui pend verticalement.

2° Pour $\alpha = 0$, ce qui répond à une vitesse infinie du vent :

$$F^2 = P^2(3 + 1) = 4P^2,$$

d'où :

$$F = 2P.$$

Dans cette hypothèse limite, le fil serait vertical et le plan du cerf-volant serait horizontal. Ainsi la tension du fil ne croîtra pas indéfiniment avec la vitesse, mais elle variera entre P et 2P, et ne sera par conséquent jamais considérable.

XI. *Résumé.* — 1° Toutes les qualités d'un cerf-volant, force ascensionnelle ou puissance d'altitude, résultent de la position du point d'attache du fil, position exprimée par la formule :

$$d = 3a.$$

2° La force ascensionnelle P, exprimée par la formule (1 *bis*), est proportionnelle à K, puissance du vent, c'est-à-dire proportionnelle au carré de la vitesse du vent.

3° La tension F du fil ne varie jamais qu'entre des limites très étroites : elle est égale au *poids* P pour une vitesse du vent nulle, et égale à deux fois ce poids P pour une vitesse infinie.

Le poids d'un cerf-volant est toujours assez faible, et le double de ce

poids représente une tension à laquelle une ficelle, assez fine même, pourra facilement résister. Par conséquent, lorsque le cerf-volant *tire* d'une manière exagérée, cela prouve qu'il est mal attaché, et non pas, comme on est tenté de le supposer, qu'il est prêt à bien s'enlever.

Nous avons dégagé de cette étude quelques considérations sur la meilleure forme à donner à un cerf-volant et des conséquences relatives au problème de l'aviation, que l'étendue déjà trop grande de cette note ne nous permet pas de développer.

M. Éd. COLLIGNON

Ingénieur en chef, Inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées.

UNE REMARQUE SUR LA DYNAMIQUE

— *Séance du 14 août 1885* —

La portée géographique d'un phare dépend de la hauteur qu'on lui donne. Soit h l'altitude du feu au-dessus du niveau de la mer, a le rayon de la sphère terrestre ; on aura le rayon r du cercle éclairé par le feu en appliquant la formule

$$(1) \qquad r = \sqrt{2ah}.$$

La réfraction agrandit sensiblement le rayon r ; on peut en tenir compte en augmentant dans un rapport convenable le rayon a dont on fait usage. Nous en ferons abstraction dans ce qui suit.

L'équation (1) s'obtient immédiatement, en observant que la tangente menée du haut du phare à la sphère terrestre est sensiblement égale à la portée r, et que son carré r^2 est le produit de la hauteur h par la somme, $h+2a$, de cette hauteur et du diamètre du globe ; ce qui donne :

$$r^2 = h(h+2a),$$

ou plus simplement,

$$r^2 = 2ah,$$

n effaçant dans la parenthèse la hauteur h, qui est négligeable devant $2a$.

Elle montre comment on pourrait déterminer approximativement le ayon a du globe, par une observation faite sur les côtes dans une région ssez restreinte. Il suffit de chercher à quelle distance r on atteint l'hori-

zon d'un phare de hauteur h déterminée. Si les cercles d'éclairement de trois phares consécutifs A, B, C, ont une partie commune, de telle sorte qu'ils soient visibles à la fois, si de plus on connaît l'altitude h de l'un d'eux, B, du plus bas, par exemple, on n'aura qu'à déterminer les angles que font entre elles les directions MA, MB, MC, menées des trois points connus A, B, C, au point M, où se trouve le canot de l'observateur au moment où il a amené le haut du phare B à toucher son horizon. Les angles AMB, BMC, permettront de retrouver la position du point M sur la carte, et de mesurer la distance $MB = r$. Connaissant h, on en déduira a par l'opération

$$a = \frac{r^2}{2h}.$$

Il serait essentiel, pour obtenir un peu d'exactitude par l'emploi de cette méthode, de tenir compte des effets de la réfraction, qui est considérable dans les couches basses de l'atmosphère. Négligés, ces effets conduiraient à une valeur trop grande de la quantité a que l'on cherche (*). Quoi qu'il en soit, nous supposerons ici le rayon terrestre a connu.

A la hauteur h correspond une certaine vitesse v, *la vitesse due à cette hauteur*, celle qu'acquerrait un corps pesant tombant librement du haut du phare dans le vide, sans vitesse initiale, lorsqu'il atteindrait le niveau de la mer. Elle est donnée par l'équation

$$v = \sqrt{2gh}. \tag{2}$$

On est amené naturellement à rapprocher la vitesse v de la longueur r, ou mieux, de la longueur $2\pi r$ de la circonférence qui forme l'horizon sensible pour un observateur élevé à la hauteur h au-dessus des eaux. En divisant la longueur $2\pi r$ par la vitesse v, on obtient pour quotient le temps t que mettrait un mobile animé de la vitesse v pour accomplir le tour entier de la circonférence. Or, on trouve, en faisant cette opération,

$$t = \frac{2\pi\sqrt{2ah}}{\sqrt{2gh}} = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}. \tag{3}$$

expression d'où la hauteur h a disparu, de sorte que la durée t en est indépendante. On en conclut ce théorème :

(*) On peut voir dans l'*Histoire de l'Astronomie moderne* de Bailly, tome II, p. 340, que cette méthode pour déterminer la longueur du degré terrestre a été déjà proposée, et abandonnée comme comportant trop peu d'exactitude : « Maurolycus avait proposé d'employer une montagne dont la hauteur serait connue par l'observation, ainsi que la distance où elle est visible sur mer; mais ces deux observations ne sont susceptibles d'aucune précision. Le chemin que fait un vaisseau est toujours difficile à déterminer; et la hauteur d'une montagne, vue à travers l'atmosphère et le voile de ses vapeurs, se ressent de leurs variations, et est sans cesse altérée par des réfractions inégales. » L'emploi de plusieurs phares, au lieu d'une montagne unique, fournirait un moyen de déterminer très exactement les distances, et d'apporter à l'observation un caractère plus précis. Reste la difficulté de la réfraction dans les couches inférieures de l'atmosphère, qui est assurément très considérable.

Un mobile, animé de la vitesse uniforme due à la hauteur h, *accomplit dans un temps constant, indépendant de* h, *le tour du cercle d'horizon que l'on aperçoit de cette même hauteur.*

La vitesse angulaire ω du point mobile autour du centre du cercle, est égale à

$$\omega = \frac{2\pi}{t} = \sqrt{\frac{g}{a}}. \tag{4}$$

Les quantités g et a sont à peu près constantes en tous les points de la surface du globe terrestre. Par conséquent le temps t et la vitesse angulaire ω sont sensiblement constants, à quelque latitude qu'on en fasse le calcul.

Il est remarquable que la durée $\frac{t}{2} = \pi\sqrt{\frac{a}{g}}$ du parcours de la demi-circonférence, soit identique à la durée de l'oscillation simple d'un point pesant le long d'une corde de la sphère terrestre (*). Si donc on mène un diamètre du cercle d'horizon, et qu'on imagine un point pesant oscillant sur ce diamètre, sous l'action de la pesanteur seule, le mouvement du point oscillant pourra être regardé comme la projection du mouvement uniforme d'un point qui parcourrait la circonférence d'horizon avec la vitesse linéaire v, ou avec la vitesse angulaire ω. Les deux mobiles arriveraient en coïncidence aux deux extrémités du diamètre.

Mais la surface des mers n'est pas rigoureusement sphérique. Cherchons comment il faudrait modifier le résultat que nous venons d'obtenir, pour tenir compte de l'aplatissement du globe aux pôles, et de la substitution à la sphère d'un ellipsoïde de révolution.

Soit O le lieu de l'observation, S le point d'où l'on aperçoit l'horizon AB; ce point est élevé à la hauteur h au-dessus du plan tangent XOY mené au point O. Si l'on suppose cette hauteur infiniment petite, le cône circonscrit mené du point S à la surface a pour courbe de contact, AB, l'*indicatrice* que l'on obtiendrait en coupant la surface par un plan AO'B, parallèle au plan tangent, et distant de ce plan de la quantité $OO' = h = OS$. Prenons pour axes la verticale OZ et les deux tangentes OX, OY aux sections principales OA, OB. L'équation de la surface aux environs du pont O sera, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur au second,

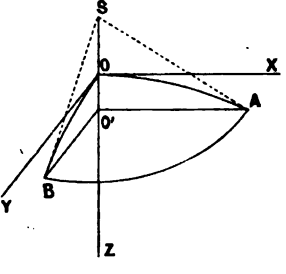


Fig. 17.

$$2z = \frac{x^2}{\rho} + \frac{y^2}{\rho'},$$

(*) Voir notre communication au Congrès de la Rochelle, séance du 28 août 1882.

ρ et ρ' désignant les rayons de courbure des sections principales. L'équation de la courbe de contact s'obtiendra en y faisant $z=h$. Il vient

$$\frac{x^2}{\rho}+\frac{y^2}{\rho'}=2h,$$

équation d'une ellipse dont les deux demi-axes sont

$$m=\mathrm{O'A}=\sqrt{2\rho h},$$
$$n=\mathrm{O'B}=\sqrt{2\rho' h}.$$

L'aire de l'indicatrice πmn est donc égale à $2\pi h\sqrt{\rho\rho'}$. Elle est sensiblement égale à l'aire de la zone à laquelle elle sert de base, à cause de la petitesse de la flèche OO'. De plus, $\sqrt{\rho\rho'}$ représente l'inverse de la courbure totale de la surface autour du point O. Si donc on pose $\sqrt{\rho\rho'}=\mathrm{R}$, la longueur R sera le rayon d'une sphère qui aurait en tous ses points une courbure égale à la courbure totale que possède la surface au point O. Déterminons un second rayon r, par la condition que l'aire πr^2 du cercle correspondant soit égale à l'aire πmn de l'ellipse indicatrice. Cela revient à poser

$$r^2=mn=2h\sqrt{\rho\rho'}=2\mathrm{R}h.$$

Soit g l'accélération due à la pesanteur au point O, soit v la vitesse due à la hauteur h, on aura à la fois

$$v=\sqrt{2gh},$$
$$r=\sqrt{2\mathrm{R}h},$$

et par conséquent,

$$t=\frac{2\pi r}{v}=2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{R}}{g}},$$

ce qui ramène au résultat obtenu pour la sphère, moyennant qu'on emploie un rayon R égal à la moyenne proportionnelle entre les rayons de courbure principaux de la surface au point O, et qu'on remplace l'ellipse qui forme l'horizon sensible du point S par un cercle de surface équivalente.

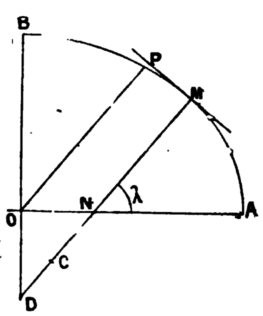


Fig. 18.

En appliquant cette règle au globe terrestre, nous pourrons apprécier l'importance des variations de la durée t; mais il faut tenir compte des variations de g aussi bien que des variations du rayon terrestre.

Soit AB l'ellipse méridienne, $\mathrm{OA}=a$ le rayon équatorial du globe, $\mathrm{OB}=b$ le rayon polaire. Menons la normale MN en un point quelconque M; la latitude de ce point

sera l'angle MNA $=\lambda$. L'équation de l'ellipse, rapportée à ses axes, est

$$a^2y^2+b^2x^2=a^2b^2,$$

et l'on a

$$\operatorname{tang}\lambda=-\frac{dx}{ay}=\frac{a^2y}{b^2x}.$$

On en déduit

$$\sin\lambda=\frac{a^2y}{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}},$$

$$\cos\lambda=\frac{b^2x}{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}},$$

et aussi

$$x=\frac{a^2}{\sqrt{a^2+b^2\operatorname{tang}^2\lambda}}=\frac{a^2\cos\lambda}{\sqrt{a^2\cos^2\lambda+b^2\sin^2\lambda}},$$

$$y=\frac{b^2\operatorname{tang}\lambda}{\sqrt{a^2+b^2\operatorname{tang}^2\lambda}}=\frac{b^2\sin\lambda}{\sqrt{a^2\cos^2\lambda+b^2\sin^2\lambda}}.$$

Mais dans l'ellipse la normale MN terminée au grand axe, pris ici pour axe des x, a pour longueur $\mathrm{MN}=\frac{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}}{a^2}$.

La normale MD, terminée au petit axe, pris pour axe des y, a pour longueur $\mathrm{MD}=\frac{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}}{b^2}$; enfin le rayon de courbure $\rho=\mathrm{MC}$ de la courbe au point M a pour valeur absolue $\frac{(a^4y^2+b^4x^2)^{\frac{3}{2}}}{a^4b^4}$.

Les rayons de courbure principaux de la surface de révolution que l'on obtient en faisant tourner l'ellipse BA autour de l'axe OB sont égaux, l'un à $\rho=\mathrm{MC}$, l'autre à MD. Par conséquent le rayon moyen R est égal à

$$\mathrm{R}=\sqrt{\rho\times\mathrm{MD}}=\frac{a^4y^2+b^4x^2}{a^2b^3}.$$

On sait, d'un autre côté, par un théorème dû à M. Liouville, pour les ellipsoïdes en général, que la pesanteur g en un point M est inversement proportionnelle à la distance OP du centre au plan tangent. Si donc on appelle g_1 la pesanteur à l'équateur et g la pesanteur à la latitude λ, on aura

$$\frac{g}{g_1}=\frac{a}{\mathrm{OP}}.$$

Or

$$\mathrm{OP}=\frac{a^2b^2}{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}}.$$

Donc

$$g=g_1\times\frac{a}{a^2b^2}\times\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}=g_1\frac{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}}{ab^2}.$$

Formons la fonction $\sqrt{\frac{R}{g}}$. Nous obtiendrons en définitive

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{a^4y^2+b^4x^2}}{abg_1}} = 2\pi\sqrt{\frac{ab}{g_1\sqrt{a^2\cos^2\lambda+b^2\sin^2\lambda}}}.$$

Si, dans cette équation, on fait successivement

$$\lambda = 0 \qquad \lambda = 45^\circ \qquad \lambda = 90^\circ,$$

on obtient pour t les formules

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{b}{g_1}}, \qquad t = 2\pi\sqrt{\frac{ab}{g_1\sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}}}}, \qquad t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g_1}}.$$

On voit que t croît de l'équateur au pôle; t_2 est plus grand que t_1. L'augmentation de g, qui tend à réduire t, est plus que compensée par l'augmentation du rayon R, qui accroît la portée r.

Faisons le calcul en nous servant des données moyennes qu'on trouve dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* :

$$a = 6\,378\,253 \text{ mètres}$$
$$b = 6\,356\,521 \quad —$$

Prenons de plus $g_1 = 9^m,78019$, nombre fourni par une observation faite à la latitude de 14′ et au niveau de la mer. On trouvera

$$t_1 = 5065^s,43 = 1^h 24^m 25^s,43$$
$$t_2 = 5074^s,08 = 1^h 24^m 34^s,08.$$

La différence $t_2 - t_1$ est de $8^s,65$, soit $\frac{1}{7}$ de minute, pour une différence de latitudes de 90°, et la différence relative, rapportée à la demi-somme, est de $\left(\frac{1}{525}\right)^s$. Dans ces conditions, on peut admettre que la durée t est constante, et lui attribuer comme valeur la moyenne

$$t = 5069^s,75 = 1^h 24^m 29^s,75,$$

applicable indistinctement à tous les points du globe terrestre, avec une erreur qui peut s'élever à $4^s,32$ en plus ou en moins.

Le même calcul peut être appliqué à tout astre pour lequel on connaît le rayon et la valeur moyenne de la pesanteur à la surface. Soient a' le rayon, g' la pesanteur, t' la durée du parcours du cercle d'horizon, on aura

$$t' = 2\pi\sqrt{\frac{a'}{g'}}.$$

Si donc on appelle α le rapport $\frac{a'}{a}$ du rayon de l'astre au rayon de la

terre, et γ le rapport $\frac{g'}{g}$ des pesanteurs aux deux surfaces, on aura pour le rapport des durées t' et t

$$\frac{t'}{t}=\sqrt{\frac{\alpha}{\gamma}}.$$

En appliquant cette équation à divers corps du système solaire, on obtient les résultats suivants :

	$\alpha=\frac{a'}{a}$	$\gamma=\frac{g'}{g}$	$\sqrt{\frac{\alpha}{\gamma}}=\frac{t'}{t}$	Durée du trajet
Terre . .	1	1	1	$5069^{m}75=1^{h}24^{m}29^{s}75$
Lune . .	0,273	0,174	1,22407	$6205^{m}74=1^{h}43^{m}25^{s}74$
Soleil . .	108,558	27,625	1,98235	$10049^{m}99=2^{h}47^{m}29^{s}99$
Jupiter.	11,061	2,254	2,21498	$11229^{m}40=3^{h}\ 6^{m}\ 9^{s}40$

Jusqu'à présent nous avons supposé la hauteur h assez petite pour qu'il n'y ait pas à tenir compte des variations de l'accélération g avec la distance au centre du globe. Nous allons chercher ce que devient notre proposition lorsque h a une grandeur quelconque. Nous supposerons la terre sphérique. En même temps nous prendrons pour g, non pas l'accélération due à la pesanteur, mais l'accélération due à l'attraction terrestre, telle qu'elle s'exerce sur un point matériel qui ne participe pas à la rotation du globe.

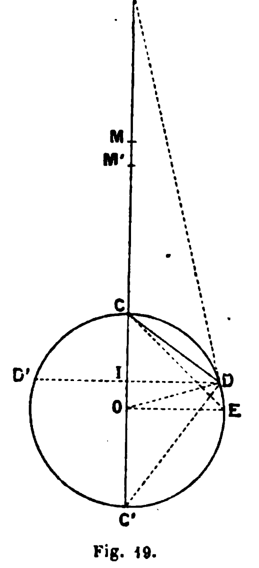


Fig. 19.

Soit $OC=a$ le rayon terrestre,

$CA=h$ la hauteur du point A, d'où l'on abandonne sans vitesse le corps qu'on laisse tomber suivant la verticale AC, pour constater la vitesse qu'il acquiert en arrivant au point C.

Lorsque le mobile est parvenu à une distance $OM=x$ du centre du globe, il subit de la part de la terre une attraction par unité de masse qui est représentée par la fonction

$$g\times\frac{a^2}{x^2},$$

appelant g l'attraction par unité de masse au point C, situé à la distance a du centre.

Le travail de cette attraction, quand le point parcourt l'élément MM', égal à $-dx$, est

$$-g\frac{a^2}{x^2}dx = ga^2 d\left(\frac{1}{x}\right),$$

et l'équation des forces vives donne pour la vitesse v au point M

$$v^2 = \frac{2ga^2}{x} + C.$$

C désignant une constante arbitraire, qui doit réduire v à zéro au point A, pour $x = a + h$; on a donc

$$v^2 = 2ga^2\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{a+h}\right).$$

Faisant $x = a$, on a pour la vitesse au point C :

(8) $$v = \sqrt{2ga^2\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+h}\right)} = \sqrt{2g\frac{ah}{a+h}}.$$

Cette expression est susceptible de construction géométrique. Menons la tangente AD à la sphère. La perpendiculaire DD', abaissée sur OA, à partir du point de contact D, sera la projection, sur le plan de la figure, de la circonférence de contact entre la sphère et le cône circonscrit qui a son sommet au point A. Elle coupe en I la droite OA, et l'on a

$$\text{OI} \times \text{OA} = \overline{\text{OD}}^2,$$

ou bien

$$\text{OI} = \frac{a^2}{a+h}.$$

Donc

$$\text{IC} = a - \frac{a^2}{a+h} = \frac{ah}{a+h},$$

et par conséquent

$$v = \sqrt{2g \times \text{IC}},$$

et la vitesse au point C est celle qui serait due à la hauteur IC, si l'accélération g restait partout la même. Cette expression peut encore se transformer. On a, dans le demi-cercle CDC',

$$\text{IC} \times \text{CC}' = \overline{\text{CD}}^2,$$

ou bien

$$\text{IC} = \frac{\overline{\text{CD}}^2}{2a}.$$

Donc

$$v = \mathrm{CD}\sqrt{\frac{g}{a}}.$$

Décrivons une circonférence avec la corde CD comme rayon. Sa longueur sera $\mathrm{CD} \times 2\pi$; si l'on imagine qu'un point mobile la parcoure avec la vitesse v, la durée t du parcours entier sera

$$t = \frac{2\pi \times \mathrm{CD}}{v} = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}, \tag{9}$$

expression de même forme encore que celle qui a été trouvée pour les petites valeurs de h. Le cercle de rayon CD est d'ailleurs équivalent comme surface à la zone sphérique qui a pour base le cercle CC′, c'est-à-dire à la portion de surface qui est vue du point A. Le théorème se modifie donc comme il suit, lorsqu'il s'agit d'une grande hauteur de chute :

La circonférence d'un cercle équivalent à la zone sphérique que l'on voit d'un point A *quelconque, est parcourue en un temps constant par un mobile animé de la vitesse qu'un corps tombant verticalement du point* A *acquiert au bas de sa chute.*

Cette vitesse acquise est égale au rayon du cercle, multiplié par le rapport $\sqrt{\frac{g}{a}}$. Elle ne croît pas indéfiniment à mesure que la hauteur h augmente, et a pour limite, lorsque le point A s'éloigne indéfiniment, le produit $\mathrm{CE} \times \sqrt{\frac{g}{a}}$, dans lequel CE est la corde d'un quadrant, c'est-à-dire $a\sqrt{2}$; en d'autres termes, la limite de la vitesse acquise est $\sqrt{2ga}$. C'est la moindre vitesse qu'il faudrait communiquer à un corps pesant, lancé verticalement de bas en haut, pour qu'il ne retombe pas à la surface de la terre. C'est environ 11 176^{m},40 par seconde.

Lorsque h est très petit par rapport à a, le rayon CD se confond avec l'arc sous-tendu, et l'on retombe sur le premier énoncé.

Revenons à l'équation

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{a}}, \tag{4}$$

qui définit une vitesse constante ω, et dans laquelle nous regarderons g comme l'accélération due à l'attraction terrestre seule ; on en déduit

$$g = \omega^2 a\,;$$

ce qui montre que ω est la vitesse angulaire d'un point qui tournerait autour du globe terrestre, en subissant l'accélération centrale g, dans un cercle de rayon a. Un tel point serait, pour ainsi dire, un *satellite-limite*

qui raserait la surface de la terre. S'il en est ainsi, on peut comparer le mouvement de ce satellite idéal à celui d'un autre satellite, la lune, et leur appliquer la troisième loi de Kepler, qui n'est autre chose, à vrai dire, qu'une application des lois de la similitude mécanique.

A la distance a du centre du globe, l'attraction est mesurée par g;

A la distance l où est placée la lune, elle est égale à $\frac{ga^2}{l^2}$.

Si donc on appelle n le moyen mouvement de la lune, on aura

$$\frac{ga^2}{l^2}=n^2 l,$$

d'où l'on déduit, en remplaçant g par sa valeur $\omega^2 a$,

$$\omega^2 a^3 = n^2 l^3.$$

ou bien, en introduisant les durées t et T des parcours complets des cercles de rayons a et l,

$$(10) \qquad \frac{t^2}{T^2}=\frac{a^3}{l^3},$$

équation qui est la traduction de la troisième loi.

On peut remarquer que $\frac{a}{l}$ est la valeur moyenne de la parallaxe horizontale de la lune. Elle est donnée, comme on le voit, par la racine cubique du carré du rapport des temps.

La durée t, dont on doit faire usage ici, doit être calculée d'après la valeur de g, non pas telle qu'on l'observe à la surface de la terre, mais telle qu'elle résulte de l'attraction de la terre sur un point de sa surface. Adoptons pour ce nombre g la valeur $9^m,82265$, et, pour le rayon moyen a de la terre, supposée sphérique, le nombre $6\,371\,000^m$. Il vient d'abord

$$t = 5060^s,23 = 1^h 24^m 20^s,23,$$

qui ne diffère que de 9 secondes environ de la moyenne déterminée tout à l'heure. La durée T de la révolution sidérale de la lune est égale $2\,360\,591^s,5$. On en déduit

$$(11) \qquad \frac{l}{a}=\sqrt[3]{\left(\frac{T}{t}\right)^2}=60,1492.$$

On retrouve approximativement la distance moyenne de la terre à la lune, environ 60 rayons terrestres, plus exactement 60,273. L'inverse du nombre 60,1492, considéré comme un arc de cercle, donne le nombre

0,0166253, équivalent à un angle au centre de 0°57′09″, valeur moyenne de la parallaxe horizontale de la lune (*).

La même théorie peut être appliquée à la terre dans son mouvement autour du soleil. Elle fera connaître le temps θ du parcours du cercle d'horizon du soleil, calculé d'après son attraction propre.

Soit m la masse de la terre.

M la masse du soleil,

a le rayon du globe terrestre,

A le rayon du globe solaire,

L la distance du soleil à la terre, de centre à centre.

L'attraction terrestre g, à la distance a du centre de la terre, est égale à $\frac{fm}{a^2}$, f désignant l'attraction mutuelle de deux masses égales à l'unité, situées à une distance égale à l'unité de longueur.

L'attraction solaire G, à la surface du soleil, sera de même donnée par l'équation

$$G = \frac{fM}{A^2}.$$

Les temps t et θ des parcours du cercle d'horizon pour les deux corps seront respectivement

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{fm}},$$

et

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{A}{G}} = 2\pi\sqrt{\frac{A^3}{fM}}.$$

Les masses M et m sont liées ensemble par l'équation que fournit la théorie du mouvement relatif,

$$f(M+m) = \frac{4\pi^2 L^3}{T^2},$$

où T désigne la durée d'une révolution entière de la terre et du soleil autour de leur centre de gravité commun.

Éliminons fM et fm entre ces trois équations ; il viendra

$$\frac{a^3}{t^2} + \frac{A^3}{\theta^2} = \frac{L^3}{T^2}, \tag{12}$$

(*) L'équation (10) suppose la terre immobile. Si l'on tient compte du mouvement relatif, il faut employer la formule $f(m+\mu) = \frac{4\pi^2 l^3}{T^2}$, où μ désigne la masse de la lune. Il vient alors, au lieu de (11), $\frac{l}{a} = \sqrt[3]{\left(\frac{T}{t}\right)^2\left(1+\frac{\mu}{m}\right)}$, ce qui augmente $\frac{l}{a}$ d'un 225e environ, en prenant le rapport $\frac{\mu}{m} = \frac{1}{75}$. On aura $\frac{l}{a} = 60,4133$.

équation très symétrique, qui lie entre elles les durées t et θ avec la durée T de la révolution de l'un des astres autour de l'autre.

Le terme $\frac{a^3}{t^2}$ est au terme $\frac{A^3}{\theta^2}$ dans le rapport de m à M, et peut être négligé. L'équation se réduit à

$$\frac{A^3}{\theta^2}=\frac{L^3}{T^2},$$

équation conforme à l'énoncé de la troisième loi de Kepler. On en déduit

$$\theta=T\times\sqrt{\left(\frac{A}{L}\right)^3}.$$

La parallaxe du soleil est évaluée aujourd'hui à 8",86, d'où résulte

$$L=23\,299{,}3\,a.$$

On a d'ailleurs $A=108{,}558\ a$.

Il vient, en substituant,

$$\theta=T\times 0{,}000318036.$$

La durée T de l'année est $365^j{,}242264$. Par conséquent,

$$\theta=0^j{,}116160=2^h47^m16^s{,}22=10036^s{,}22,$$

durée à peu près double de la durée t relative à la terre.

La durée τ du parcours du cercle d'horizon de Jupiter, abstraction faite de l'influence de la rotation propre de la planète, se déduira de la durée T de la révolution sidérale de l'un des satellites, du plus éloigné, par exemple. Si on appelle l son demi grand axe, rapporté au rayon équatorial de la planète, on a

$$l=26{,}486$$
$$T=16^j16^h32^m11^s20=1441931^s{,}20.$$

On a donc

$$\frac{\tau^2}{T^2}=\left(\frac{1}{l}\right)^3,$$

et par conséquent $\tau=10\,337^s{,}60=2^h52^m17^s{,}60$.

Pour le soleil, qui a une faible vitesse angulaire autour de son axe, on trouve à peu près le même résultat, suivant qu'on prend pour G l'accélération due à l'attraction seule, ou cette accélération composée avec la force centrifuge. Les deux durées $10049^s{,}99$ et $10036^s{,}22$, diffèrent seulement de $13^s{,}77$, ce qui représente $\left(\frac{1}{700}\right)^{me}$ environ. Jupiter a, au contraire, une rotation beaucoup plus rapide, et les deux durées calculées dans chacune des hypothèses sont très différentes : 11229,40 et 10337,60 ; la diffé-

rence est de $891^s,80$, soit 15 minutes, ou $\left(\frac{1}{12}\right)^{me}$ environ de la moyenne entre les deux résultats.

L'expression

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$$

de la durée du tour entier, calculée d'après l'attraction g, peut être mise sous une autre forme. On a $g = \frac{fm}{a^2}$, et la masse m peut s'exprimer par le produit

$$\frac{4}{3}\pi a^3 \times \rho,$$

ρ désignant la densité moyenne, ou masse spécifique de la planète. On aura donc

$$g = \frac{4}{3}f\pi a \times \rho,$$

et

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\frac{4}{3}f\pi\rho}} = \sqrt{\frac{3\pi}{f\rho}}.$$

Le temps t ne dépend donc pas du rayon de l'astre attirant, mais seulement de sa densité moyenne ; il est inversement proportionnel à la racine carrée de la densité, et l'on a ce théorème :

Le produit de la durée t *du parcours du cercle d'horizon par la racine carrée de la densité moyenne, est constant pour tous les corps célestes.*

Cette loi permet de calculer les rapports des densités des divers corps du système solaire, connaissant les durées du parcours des cercles d'horizon sur chacun d'eux. On a, en effet, l'égalité

$$t\sqrt{\rho} = t'\sqrt{\rho'},$$

ou bien

$$\frac{\rho}{\rho'} = \frac{t'^2}{t^2}.$$

Prenons pour unité de densité la densité moyenne du globe terrestre ; nous aurons pour la densité de Jupiter

$$\rho = \left(\frac{5060,23}{10337,60}\right)^2 = 0,23961.$$

L'Annuaire du Bureau des longitudes donne 0,242 ; et pour le soleil.

$$\rho = \left(\frac{5060,23}{10036,22}\right) = 0,254097.$$

La densité admise est égale à 0,253.

On peut déduire de notre théorème une démonstration simple de la formule du pendule, dans le cas des petites oscillations.

Fig. 20.

Soit ABA′ l'arc parcouru par le point pesant, $AA' = 2r$ la corde de cet arc, $IB = f$ la flèche. Le rayon du cercle sera sensiblement $a = \frac{r^2}{2f}$ en supposant f infiniment petit par rapport à r. On peut substituer à l'arc de cercle AMA′ un arc de parabole dont l'axe passe par les trois points A, B, A′; si l'on pose $IP = x$, $PM = y$, on aura pour l'équation de la courbe

$$\frac{y}{f} = \frac{PA \times PA'}{\overline{IA}^2} = \frac{r^2 - x^2}{r^2}.$$

Donc $y = \frac{f(r^2 - x^2)}{r^2} = \frac{r^2 - x^2}{2a}$, ou bien $2ay = r^2 - x^2$.

Le mobile qui parcourt l'arc AMA′ sous l'action de la pesanteur a au point M une vitesse $v = \sqrt{2gy}$. Cette vitesse est égale, aux infiniment petits près, à la vitesse du point P, projection de M sur la corde horizontale AA′; car l'angle de l'arc avec la corde est partout infiniment petit. Il y a donc identité entre le mouvement du point P et le mouvement du point M.

Du point I comme centre, avec r pour rayon, décrivons une circonférence et prolongeons PM jusqu'en N, à la rencontre de cette circonférence; on aura

$$PN = \sqrt{\overline{IN}^2 - \overline{IP}^2} = \sqrt{r^2 - x^2} = \sqrt{2ay}.$$

On a aussi

$$v = \sqrt{2gy}.$$

Donc

$$v = PN\sqrt{\frac{g}{a}}.$$

Imaginons un point N qui parcourt le cercle ANA′ avec une vitesse angulaire $\sqrt{\frac{g}{a}}$. Sa vitesse linéaire sera $r\sqrt{\frac{g}{a}}$, et la vitesse de sa projection sur AA′ sera $r\sqrt{\frac{g}{a}} \times \cos INP = PN\sqrt{\frac{g}{a}} = v$; de sorte qu'il y a encore synchronisme entre le mouvement du point P projection du point N et le mouvement du point P projection du point M. Ces deux points P n'en

font donc qu'un pendant toute la suite du mouvement, et, par conséquent, le point pesant mettra autant de temps à aller de A en A′ en suivant l'arc de cercle que le point N à aller de A en A′ en suivant la demi-circonférence ANA′; comme la vitesse de ce dernier point est uniforme, son trajet prendra un temps égal à $\frac{\pi}{\sqrt{\frac{g}{a}}} = \pi\sqrt{\frac{a}{g}}$; telle est donc aussi la durée de l'oscillation simple.

On remarquera que la vitesse du point pesant en B est $\sqrt{2g\mathrm{IB}}$; mais IB = BS, en appelant S le point de concours des deux tangentes à l'arc de cercle menées en A et A′ : la vitesse du point pesant en B est donc la même que la vitesse d'un corps tombant librement du point S au point B, sous l'action de la pesanteur dirigée de bas en haut, l'accélération g restant la même dans les deux cas.

Cette même vitesse linéaire $\sqrt{2gf}$ est celle que l'on attribue au point N sur la demi-circonférence ANA′, laquelle peut être considérée comme le rabattement du cercle de contact d'une surface sphérique ayant le point O pour centre et OA pour rayon, avec le cône circonscrit qui a le point S pour sommet. Dans ces conditions on a reconnu que la durée du trajet ANA′, avec la vitesse due à la chute f, est constante et indépendante de f. On retrouve, en un mot, toutes les circonstances du mouvement d'un point le long du cercle d'horizon, y compris le synchronisme du mouvement oscillatoire le long de la corde AB de la sphère terrestre.

Lorsqu'un problème de dynamique admet des surfaces de niveau, c'est-à-dire lorsque l'équation des forces vives est intégrable *a priori*, les vitesses du point mobile sont données pour tout point de l'espace, dès qu'on fait connaître la vitesse v_0, qui correspond à une surface S_0 quelconque. L'équation des forces vives fait connaître en effet la valeur v de la vitesse pour toute autre surface de niveau S. D'ailleurs l'accélération j est donnée en grandeur et en direction pour tous les points de l'espace; de sorte qu'en un point quelconque on connaît à la fois la vitesse v en grandeur et l'accélération j en grandeur et en direction. On peut donc, en chaque point, déterminer une hauteur h, *qui soit due à la vitesse* v *quand l'accélération est égale à* j, c'est-à-dire la hauteur $h = \frac{v^2}{2j}$.

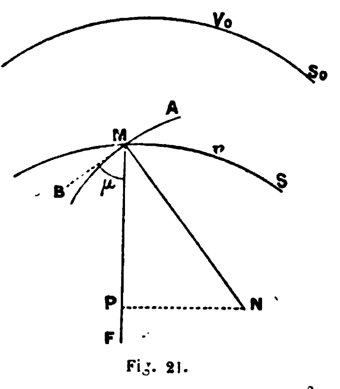


Fig. 21.

Soit AB une portion de trajectoire qui coupe en M la surface de ni-

veau S. Le mobile aura en M la vitesse v, et reste soumis à une accélération j, dirigée suivant la normale MF à la surface S. Prenons sur MF une longueur $MP = 2h = \frac{v^2}{j}\cdot$ L'accélération totale j se décompose en deux accélérations, l'une tangentielle à la trajectoire $\frac{dv}{dt}$, l'autre $\frac{v^2}{\rho}$ dirigée suivant la normale principale MN. Soit μ l'angle de l'accélération j avec la tangente à la trajectoire. On aura

$$j \sin\mu = \frac{v^2}{\rho},$$

et par conséquent,

$$\rho \sin\mu = \frac{v^2}{j} = 2h\cdot$$

Or, $\rho \sin\mu$ est la projection sur MF du rayon de courbure ρ de la trajectoire. On voit que le point P, projection sur MF du centre de courbure, est constant, quelle que soit la trajectoire, pourvu qu'elle passe au point M; de sorte que, si l'on modifie la direction du mouvement autour du point M, sans changer la vitesse, les centres de courbure de toutes les trajectoires correspondantes seront tous situés dans un plan PN normal à la force au point P.

Si l'on considère sur la surface S différents points M, pour chacun on aura à porter sur la normale une longueur $MP = \frac{v^2}{j^2}$; or, v est constant; l'accélération j est au contraire inversement proportionnelle à l'épaisseur de la couche comprise entre la surface de niveau S et une surface de niveau infiniment voisine. La projection $\rho \sin\mu$ du rayon de courbure sur la direction de la force est donc proportionnelle, en chaque point M d'une même surface de niveau, à l'épaisseur de la couche infiniment mince comprise entre deux surfaces de niveau consécutives.

Lorsque la force est une force centrale, passant par un même point O, les surfaces de niveau sont des sphères qui ont ce point pour centre, et $\rho \sin\mu$ est constant pour tous les points M pris sur une même surface de niveau. En même temps on peut appliquer le théorème des aires; et si on appelle r la distance du point μ au centre O, $r \sin\mu$ sera la distance du point O à la tangente à la trajectoire. On aura donc

$$v \times r \sin\mu = \text{constante} = 2A,$$

A étant l'aire décrite par le rayon vecteur autour du point O dans l'unité de temps. On peut poser aussi $j = \varphi(r)$, puisque l'accélération dépend seulement de la distance. On en déduit

$$\rho \sin\mu = \frac{v^2}{j} = \frac{\frac{4A^2}{r^2 \sin^2\mu}}{\varphi(r)},$$

et

$$\rho \sin^3 \mu = \frac{4A^2}{r^2 \varphi(r)},$$

équation qui fait connaître le rayon de courbure de la trajectoire. On retrouve les rayons de courbure de l'ellipse, de la parabole, de l'hyperbole considérées comme trajectoires. La même équation peut servir à faire connaître la fonction $\varphi(r)$, si le rayon de courbure de la trajectoire est connu. En appliquant la formule au mouvement d'un point qui parcourt une circonférence, en faisant des aires égales en temps égaux autour d'un point de cette circonférence, on trouve immédiatement que l'accélération totale est inversement proportionnelle à la cinquième puissance du rayon vecteur r.

M. Scipione RINDI

Professeur au Lycée de Pesaro.

QUELQUES THÉORÈMES D'ÉNUMÉRATION GÉOMÉTRIQUE

1. On sait qu'un faisceau de surfaces F^m et le faisceau F^{m-1} des premières polaires d'un point donné engendre une surface de l'ordre $2m-1$ qu'on appelle la *panpolaire* du point donné par rapport au faisceau (*).

2. L'enveloppe des plans tangents aux surfaces d'un faisceau de l'ordre m en leurs intersections avec une courbe de l'ordre ν, est une développable de la classe $\nu(2m-1)$. Elle est aussi le lieu des points dont les panpolaires sont tangentes à la courbe. Ce fait nous permet de trouver l'ordre de la développable quand la courbe donnée est l'intersection de deux surfaces des ordres n', n''. Les panpolaires des points d'une droite forment un faisceau qui renferme :

$$n'n''(n'+n''+2(2m-1)-4) = n'n''(n'+n''+4m-6)$$

surfaces tangentes à la courbe. Ce nombre est donc l'ordre de la développable. Les panpolaires des points d'une génératrice sont toutes tangentes à la courbe en un même point, qui correspond ainsi à la génératrice. Il s'ensuit de là que la développable et la courbe donnée sont de même genre.

(*) Dénomination introduite par Steiner pour les courbes planes (*Ges. Werke*, Bd. II, p. 503) employée par Sturm dans ses *Syntetische Untersuchungen über Flächen dritter Ordnung.*

Si au lieu d'une courbe quelconque on prend une droite, la développable est rationnelle, de la classe $2m-1$ et de l'ordre $4(m-1)$. Elle a $2m-2$ plans tangents passant par la droite à cause des $2m-2$ surfaces de F^m tangentes à cette droite. Or, puisque les plans inclinés d'un angle constant sur une droite ou sur un plan touchent une même conique de l'infini, on a $2(2m-1)$ plans tangents de la développable qui font avec la droite un angle donné. Par conséquent,

Dans un faisceau de l'ordre m, *il y a en général* $2(2m-1)$ *surfaces faisant un angle donné avec une droite donnée.*

Pour l'angle 0° ce nombre se réduit à $2m-1$, c'est-à-dire à la moitié du précédent, et ces surfaces de F_m faisant l'angle 0° avec la droite sont les $2m-2$ qui lui sont tangentes et celle qui est déterminée par le point à l'infini de la droite.

Pour l'angle droit on n'a pas de solution en général.

3. Prenons une surface S^n et un faisceau F^m. L'enveloppe des plans tangents aux surfaces de F^m en leurs intersections avec S^n est une surface de la classe $n(m-1)(3m-1)$. Elle est aussi le lieu des points dont les panpolaires sont tangentes à la surface. Donc, en se rappelant le nombre de surfaces d'un faisceau tangentes à une surface fixe, et en l'appliquant au faisceau formé par les panpolaires des points d'une droite, on obtient que l'enveloppe en question est de l'ordre :

$$n[n^2+3(2m-1)^2+2n(2m-1)-4n-8(2m-1)+6]$$
$$=n(n^2+12m^2+4mn-6n-28m+17).$$

Si la surface S^n est un plan, l'enveloppe est de la classe $(m-1)(3m-1)$, comme M. Tognoli l'a démontré (*), et de l'ordre $12(m-1)^2$, et le plan donné lui appartient comme plan tangent $3(m-1)^2$—ple.

4. Soient données deux surfaces S^p, S^q. On appellera *jacobienne inclinée* des deux surfaces le lieu d'un point dont les plans polaires par rapport à S^p, S^q font entre eux un angle constant. Au moyen du principe de correspondance de Chasles, on démontre sans difficulté que :

La jacobienne inclinée S^p, S^q *est une surface de l'ordre* $2(p+q-2)$ *qui renferme comme points doubles les centres des deux surfaces.*

Pour l'angle de 90° on a la *jacobienne normale*, qui est une surface de l'ordre $p+q-2$ passant par les centres.

Pour l'angle 0°, le lieu peut être appelé *jacobienne parallèle* et on peut y arriver de la manière suivante. Les premières polaires des points de l'infini par rapport aux deux surfaces forment deux réseaux projectifs.

(*) *Giornale di Matematiche* de M. Battaglini (vol. VIII, p. 191). Pour l'ordre de l'enveloppe M. Tognoli obtient un nombre différent du mien.

Les points d'une droite de l'infini donnent deux faisceaux correspondants renfermés dans ces réseaux. Si un point est commun aux courbes bases de ces deux faisceaux, ses plans polaires par rapport aux deux surfaces sont parallèles.

Donc, la jacobienne parallèle étant le lieu des points communs aux courbes bases des faisceaux correspondants en deux réseaux projectifs des ordres $p-1, q-1$, sera une courbe de l'ordre (*) :

$$(p-1)^2+(q-1)^2+(p-1)(q-1)=(p+q-2)^2-(p-1)(q-1),$$

passant par les centres et par les points du groupe jacobien ordinaire.

Il résulte de la considération des jacobiennes inclinées que :

L'intersection de S^p, S^q *renferme* $2pq(p+q-2)$ *points où ces deux surfaces font entre elles un angle donné, et* $pq(p+q-2)$ *où elles se rencontrent orthogonalement.*

Trois surfaces S^n, S^p, S^q *étant données, il y a dans l'espace :*

$$(p+q-2)(q+n-2)(n+p-2),$$

points dont les plans polaires par rapport aux surfaces données forment un trièdre trirectangle.

5. Prenons une surface S^n et un faisceau F^m. Par un point arbitraire passe une surface du faisceau qui a en ce point un plan tangent ; ce même point a aussi un plan polaire par rapport à S^n. Le lieu des points pour lesquels ces deux plans font entre eux un angle constant sera appelé la *jacobienne inclinée de la surface et du faisceau. Elle est une surface de l'ordre* $2(n+2m-2)$ *qui renferme la base du faisceau comme courbe double et les centres de* S^n *comme points doubles.*

Pour l'angle 90° la surface qu'on appellera *jacobienne normale* de la surface et du faisceau est de l'ordre $n+2m-2$ et passe par la courbe base de F^m et par les centres S^n.

Pour l'angle 0° le lieu est une courbe qu'on appellera *jacobienne parallèle* de la surface S^n et du faisceau F^m. Elle est le lieu des points communs aux courbes bases des faisceaux correspondants en deux réseaux projectifs, c'est-à-dire le réseau des panpolaires des points à l'infini par rapport à F^m et le réseau des premières polaires de ces mêmes points par rapport à S^h. Ce lieu est de l'ordre

$$(2m-1)^2+(n-1)^2+(2m-1)(n-1)=(n+2m-2)^2-(2m-1)(n-1);$$

mais il comprend la courbe base de F^m, qui ne doit pas être comptée.

Donc *la courbe jacobienne parallèle* de S^n et F^m *est de l'ordre*

$$(n+2m-2)^2-(2m-1)(n-1)-m^2.$$

(*) Cremona, *Grundzüge einer allgemeinen Theorie der Oberflächen*, p. 107.

Un point de la courbe base du faisceau appartient à la jacobienne parallèle si la tangente en ce point à la courbe est parallèle au plan polaire par rapport à S^n. Pour trouver le nombre de ces points, observons qu'ils sont les intersections de la courbe base avec la jacobienne ordinaire de ces quatre surfaces : la surface S^n, le plan de l'infini, et deux surfaces quelconques du faisceau. Cette jacobienne est de l'ordre $n + 2m - 3$.

Donc *la courbe jacobienne parallèle de* S^n et F^m *rencontre en* $m^2(n + 2m - 3)$ *points la courbe base de* F^m.

De ce qui a été dit sur les jacobiennes inclinées d'une surface et d'un faisceau, on déduit que :

Le lieu des points où une surface S^n *est rencontrée à angle constant par les surfaces d'un faisceau* F^m *est une courbe de l'ordre* $2n(n + 2m - 2)$ *qui a pour points doubles les* nm^2 *intersections de* S^n *et de la courbe base de* F^m.

Si l'angle est de 90° la courbe est de l'ordre $n(n + 2m - 2)$ *et renferme ces mêmes* nm^2 *points.*

Cette courbe peut être employée pour chercher la classe de la développable formée par les plans tangents aux surfaces du faisceau en leurs intersections à angle constant avec S^n. Par un point arbitraire P de l'espace passe un cône de plans tangents aux surfaces du faisceau en points de S^n. La courbe des points de contact est l'intersection de S^n et de la panpolaire du point P, et conséquemment de l'ordre $n(2m - 1)$; elle rencontre la courbe de l'ordre $2n(n + 2m - 2)$ trouvée ci-dessus en $2n(2m - 1)(n + 2m - 2)$ points. En retranchant les nm^2 intersections de S^n avec la courbe base du faisceau, comptées deux fois, il nous reste

$$2n(2m - 1)(n + 2m - 2) - 2nm^2 = 2n(3m^2 + 2mn - 6m - n + 2)$$

points de contact de plans tangents de l'enveloppe qui passent par P. Ce nombre est donc la classe de la développable. Pour l'angle de 90° on obtient un nombre qui est la moitié du précédent.

Il est à observer que pour $m = 1$, c'est-à-dire quand F^m est un faisceau de plans, quelle que soit, du reste, la surface S^n, la jacobienne inclinée n'est autre chose que la *polaire inclinée* de l'axe du faisceau, surface considérée par moi dans une note insérée au *Bulletin des sciences mathématiques* (2e série, t. IX, février 1885, § VII), la jacobienne normale coïncide avec la *polaire normale* et la courbe jacobienne parallèle avec la *courbe polaire parallèle.*

6. En appliquant les considérations précédentes à deux faisceaux de surfaces on obtient que :

Le lieu des points où les surfaces d'un faisceau F^n *rencontrent à angle constant celles d'un autre faisceau* F^m *est une surface de l'ordre* $4(n + m - 1)$ *qui renferme les bases des deux faisceaux comme courbes doubles. Pour*

l'angle de 90° la surface est de l'ordre $2(n+m-1)$ *et renferme simplement les deux courbes bases.*

Les jacobiennes inclinées des couples de surfaces correspondantes en deux faisceaux projectifs F^n, F^m *forment un système d'indice* 4. *Les jacobiennes normales en forment un d'indice* 2.

Si l'on a deux faisceaux projectifs, la surface engendrée par les intersections des surfaces correspondantes rencontre la surface de l'ordre $4(n+m-1)$ trouvée ci-dessus en une courbe de l'ordre $4(n+m-1)(n+m)$. Cette intersection comprend les bases des deux faisceaux comptées deux fois. En retranchant deux fois ces courbes, on obtient que le lieu des points où les surfaces correspondantes se rencontrent à angle constant est une courbe de l'ordre

$$4(n+m-1)(n+m)-2(n^2+m^2)=2[n^2+m^2+4nm-2(n+m)].$$

Pour l'angle droit l'ordre de la courbe est la moitié du précédent.

Prenons une surface S^n du faisceau F^n. Elle est rencontrée par la courbe trouvée en

$$2n[n^2+m^2+4nm-2(n+m)]$$

points. Ce nombre comprend les $2nm(n+m-2)$ points (§ 4) où S^n fait l'angle donné avec sa correspondante; les autres sont sur la courbe base du faisceau F^n.

Donc *la courbe trouvée rencontre la courbe base de* F^n *en*

$$2n[n^2+m^2+4nm-2(n+m)]-2nm(n+m-2)=2n^2(n+3m-2)$$

points. On verrait de même qu'elle rencontre la courbe base de F^m en $2m^2(m+3n-2)$ points.

La courbe obtenue pour l'angle de 90° rencontre aussi les courbes bases des deux faisceaux F^n, F^m en $n^2(n+3m-2)$ et en $m^2(m+3n-2)$ points respectivement.

M. G. OLTRAMARE

Professeur à l'Université de Genève.

NOTE SUR LA VALEUR DE L'EXPRESSION $\varphi(x+y\sqrt{-1})+\varphi(x-y\sqrt{-1})$.

En supposant que la fonction φ conserve toute sa généralité, Abel a donné pour exprimer, sous forme réelle et finie, à l'aide d'intégrales défi-

nies, la valeur de $\varphi(x+y\sqrt{-1})+\varphi(x-y\sqrt{-1})$ la formule suivante :

$$\varphi(x+y\sqrt{-1})+\varphi(x-y\sqrt{-1})=\frac{2y}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-v^2y^2}v\,dv\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(x+t)e^{-v^2t^2}dt.$$

La méthode qu'a employée Abel consiste dans le développement de l'expression par le théorème de Taylor; mais il s'est glissé une erreur dans la sommation de la série infinie qui en résulte; on ne saurait donc admettre ce résultat ainsi que les conséquences qu'il en a déduites, nous allons chercher de nouveau la solution de cette question.

§ 1. Si, dans l'intégrale connue,

$$\sqrt{\pi}=\int_{-\infty}^{\infty}e^{-t^2}dt,$$

nous posons $t=t-p$, nous aurons :

$$e^{p^2}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-2pt-t^2}dt.$$

En faisant $p=\sqrt{y}u$ et en généralisant les deux membres de cette identité, nous obtiendrons :

$$Ge^{yu^2}=\frac{1}{2\sqrt{\pi y}}\int_{0}^{\infty}e^{-\frac{v^2}{4y}}[\varphi(v)+\varphi(-v)]dv.$$

En supposant $y=y\sqrt{-1}$, nous aurons :

$$Ge^{yu^2\sqrt{-1}}=\frac{1-\sqrt{-1}}{2\sqrt{2\pi y}}\int_{0}^{\infty}\left[\cos\frac{v^2}{4y}+\sin\frac{v^2}{4y}\sqrt{-1}\right][\varphi(v)+\varphi(-v)]dv,$$

identité que nous pouvons mettre sous la forme :

$$G(\cos yu^2+\sin yu^2\sqrt{-1})=\frac{1}{2\sqrt{2\pi y}}\int_{0}^{\infty}\left[\cos\frac{v^2}{4y}+\sin\frac{v^2}{4y}+\left(\sin\frac{v^2}{4y}-\cos\frac{v^2}{4y}\right)\sqrt{-1}\right][\varphi(v)+\varphi(-v)]d$$

Égalant les parties réelles et les coefficients de $\sqrt{-1}$, nous obtiendrons les deux nouvelles identités :

$$G\cos yu^2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^\infty (\sin v^2 + \cos v^2)[\varphi(2\sqrt{y}v) + \varphi(-2\sqrt{y}v)]dv,$$

$$G\sin yu^2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^\infty (\sin v^2 - \cos v^2)[\varphi(2\sqrt{y}v) + \varphi(-2\sqrt{y}v)]dv,$$

qui, dégénéralisées, peuvent s'écrire, en posant $u^2 = u$:

$$\cos yu = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^\infty e^{-2\sqrt{y}v\sqrt{u}}(\sin v^2 + \cos v^2)dv,$$

$$\sin yu = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^\infty e^{-2\sqrt{y}v\sqrt{u}}(\sin v^2 - \cos v^2)dv.$$

Généralisant de nouveau ces identités, nous aurons :

$$\varphi(x+y\sqrt{-1}) + \varphi(x-y\sqrt{-1}) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_{-\infty}^\infty (\sin v^2 + \cos v^2)dv\,Ge^{-2\sqrt{y}v\sqrt{u}}, \quad (1)$$

$$\varphi(x+y\sqrt{-1}) - \varphi(x-y\sqrt{-1}) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\sqrt{-1}\int_{-\infty}^\infty (\sin v^2 - \cos v^2)dv\,Ge^{-2\sqrt{y}v\sqrt{u}}. \quad (2)$$

§ 2. Pour déterminer la valeur de $Ge^{-2\sqrt{y}v\sqrt{u}}$, considérons l'intégrale :

$$\int_{-\infty}^\infty e^{-q^2t^2-\frac{1}{t^2}}\frac{dt}{t^2} = \sqrt{\pi}e^{-2q},$$

dans laquelle q a une valeur réelle et positive.

En posant $q = \sqrt{y}\nu\sqrt{u}$, nous en déduirons :

$$e^{-2\sqrt{y}\nu\sqrt{u}} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-y\nu^2 t^2 u - \frac{1}{t^2}} \frac{dt}{t^2},.$$

et, par suite :

$$Ge^{-2\sqrt{y}\nu\sqrt{u}} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\frac{1}{t^2}}}{t^2} \varphi(x - y\nu^2 t^2) dt. \qquad (3)$$

On peut parvenir à cette même formule de la manière suivante :

Considérons la fonction $\frac{1}{\nu + u^2}$; on en déduit, en généralisant par rapport à ν :

$$G_\nu \frac{1}{\nu + u^2} = \int_0^{\infty} e^{-yu^2} \Psi(-y) dy,$$

et, par suite, en généralisant par rapport à u :

$$G_u G_\nu \frac{1}{\nu + u^2} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} [\varphi(z\sqrt{-1}) + \varphi(-z\sqrt{-1})] dz \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{z^2}{4y}} \Psi(-y)}{\sqrt{y}} dy.$$

Nous trouvons de même :

$$G_u \frac{1}{\nu + u^2} = \frac{1}{2\sqrt{\nu}} \int_0^{\infty} e^{-z\sqrt{\nu}} [\varphi(z\sqrt{-1}) + \varphi(-z\sqrt{-1})] dz,$$

et, par conséquent :

$$G_\nu G_u \frac{1}{\nu + u^2} = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [\varphi(z\sqrt{-1}) + \varphi(-z\sqrt{-1})] dz G_\nu \frac{e^{-z\sqrt{\nu}}}{\sqrt{\nu}} ;$$

mais comme $G_u G_\nu = G_\nu G_u$, il en résultera :

$$G \frac{e^{-z\sqrt{u}}}{\sqrt{u}} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{z^2}{4y}} \varphi(-y)}{\sqrt{y}} dy.$$

Différentiant cette identité par rapport à z, nous aurons :

$$Ge^{-z\sqrt{u}}=\frac{z}{2\sqrt{\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{z^2}{4y}}\varphi(-y)\frac{dy}{y\sqrt{y}}.$$

En posant $y=\frac{z^2t^2}{4}$:

$$Ge^{-z\sqrt{u}}=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{1}{t^2}}\varphi\left(-\frac{t^2z^2}{4}\right)\frac{dt}{t^2}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{t^2}}\varphi\left(-\frac{t^2z^2}{4}\right)\frac{dt}{t^2}.$$

En faisant $z=\sqrt{y}\nu$, nous retrouvons la formule (3),

Nous aurons ainsi, à l'aide des formules (1) et (2) :

$$\varphi(x+y\sqrt{-1})+\varphi(x-y\sqrt{-1})=\frac{\sqrt{2}}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{e^{-\frac{1}{t^2}}}{t^2}\varphi(x-y\nu^2t^2)(\sin\nu^2+\cos\nu^2)dtd\nu. \quad (4)$$

$$\varphi(x+y\sqrt{-1})-\varphi(x-y\sqrt{-1})=\frac{\sqrt{2}}{\pi}\sqrt{-1}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{e^{-\frac{1}{t^2}}}{t^2}\varphi(x-y\nu^2t^2)(\sin\nu^2-\cos\nu^2)dtd\nu. \quad (5)$$

M. G. DE LONGCHAMPS

Professeur de mathématiques spéciales au Lycée Charlemagne.

CONSTRUCTION PAR POINTS ET TANGENTES DES CUBIQUES CIRCULAIRES UNICURSALES

1. Les cubiques circulaires unicursales sont caractérisées, comme l'on sait, par les deux propriétés suivantes :

1° *Elles passent par les ombilics du plan ;*

2° *Elles admettent un point double.*

La construction des cubiques unicursales, point par point et tangente par tangente, nous a déjà précédemment occupé (*) et nous avons montré

(*) *Nouvelle Correspondance mathématique*, nov. 1879.

comment, exception faite des cubiques unicursales dont les trois asymptotes sont rejetées à l'infini, on pouvait toujours considérer les cubiques unicursales comme des *conchoïdales* (*), et par suite leur appliquer les constructions afférentes à ces courbes, plus générales.

Parmi les cubiques unicursales, celles qui passent par les ombilics du plan méritent une attention particulière ; elles jouissent de propriétés personnelles, et c'est à ce groupe que se rattachent certaines courbes historiques, justement célèbres, telles que la *cissoïde* droite ou oblique, la *strophoïde* droite, la strophoïde oblique si improprement nommée focale à nœud de Quételet ; la *trisectrice*.

2. Dans la génération des cubiques unicursales quelconques nous avons montré, dans la note rappelée ci-dessus, comment avec une conique Γ et une droite Δ, formant la base de la construction, on pouvait engendrer la cubique, exception faite, encore une fois, du cas singulier visé plus haut. Nous allons exposer maintenant comment, avec un cercle, substitué à la conique Γ, on peut engendrer les cubiques circulaires unicursales.

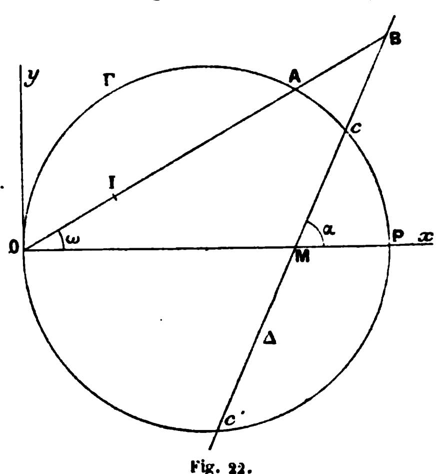


Fig. 22.

Soient, dans un plan, un cercle Γ et une droite Δ ; par un point O, pris sur la circonférence Γ, menons une transversale OAB et prenons OI = AB(**). Le lieu décrit par I, quand OAB tourne autour de O, est une cubique circulaire unicursale ; c'est ce que nous voulons vérifier d'abord.

Soit OP le diamètre passant par le point O.

En posant

$$\mathrm{OI} = \rho, \quad \mathrm{OM} = h, \quad \mathrm{OP} = d,$$

le triangle OMB donne

$$\text{(A)} \qquad \frac{\rho + d\cos\omega}{\sin\alpha} = \frac{h}{\sin(\alpha - \omega)}.$$

Si l'on préfère les coordonnées cartésiennes, cette équation s'écrit

$$(x^2 + y^2)(x\sin\alpha - y\cos\alpha - h\sin\alpha) + d(x\sin\alpha - y\cos\alpha) = 0.$$

Sous cette forme, on reconnait immédiatement une cubique circulaire unicursale ; elle jouit, entre autres, des propriétés suivantes :

(*) *Nouvelle Correspondance mathématique*, mai 1879.

(**) Par l'égalité OI = AB, on entend, non seulement que OI a la même longueur que AB, mais que la direction de O vers I est la même que celle de A vers B ; enfin, OI est *équipollent* à AB.

1° Elle a pour asymptote réelle la droite Δ ;

2° Le point O est un point double ; les tangentes en ce point s'obtiennent en joignant celui-ci aux points C, C′ communs à Γ et à Δ.

Ces différentes remarques se vérifient immédiatement par la géométrie.

3. Mais une question se présente naturellement ici, et l'on doit se demander si toutes les cubiques circulaires unicursales sont susceptibles de la génération que nous venons d'indiquer; si elles peuvent **sans exception** *être considérées comme des conchoïdales, relativement à un cercle et à une droite de son plan ; le pôle étant pris sur la circonférence.* C'est ce qu'il est très simple d'établir par les considérations suivantes :

Prenons pour axes de coordonnées les tangentes au nœud ; l'équation de la cubique circulaire, dans ce système d'axes, est

$$(1)\qquad (x^2+y^2+2xy\cos\theta)(Ax+By)=xy.$$

Cette cubique admet une asymptote, la droite Δ, et cette droite ne peut : ni passer par le point double O, ni être rejetée à l'infini. Soient M, M′ les points de rencontre de Δ avec les tangentes au nœud; en ces points, élevons aux axes OX, OY des perpendiculaires qui se rencontrent en B.

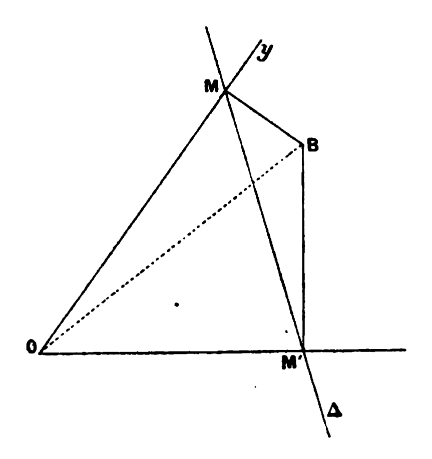


Fig. 23.

Cela fait, décrivons sur OB comme diamètre un cercle Γ et considérons la cubique circulaire unicursale U, qui est engendrée, à la façon des conchoïdales, au moyen du point O (pôle des transversales mobiles) du cercle Γ et de la droite Δ.

La cubique U étant circulaire, ayant pour asymptote Δ, pour point double O, et pour tangentes en ce point les droites qui joignent O aux points communs à Γ et à Δ (c'est-à-dire les droites OX, OY), nous pouvons dire qu'elle a une équation de la forme

$$(2)\qquad (x^2+y^2+2xy\cos\theta)(Ax+By)=\mu xy.$$

En comparant (1) et (2) et en observant que la cubique U doit avoir la même asymptote réelle que celle qui correspond à (1) c'est-à-dire la droite Δ, on voit que $\mu=1$. Mais alors les équations (1) et (2) sont identiques ; ceci montre que toutes les cubiques circulaires unicursales, et non un groupe particulier de ces courbes, peuvent être engendrées par la construction, point par point, que nous avons indiquée plus haut (*).

(*) Cette construction, qui, comme on l'a vu, n'est qu'un cas particulier de celle que nous avons donnée pour engendrer toutes les cubiques unicursales (un groupe excepté) au moyen d'une

4. La construction de la tangente en un point de la cubique circulaire unicursale ressort immédiatement de l'application des transversales réciproques, application que nous avons développée dans différentes notes (*Nouvelle Correspondance*, loc cit. — *Journal de mathématiques spéciales*, 1880, p. 272; 1882, p. 25 ; 1884, pp. 121 et 145). Nous rappellerons seulement ici comment on déduit, par le procédé indiqué dans lesdites notes, la tangente en un point I de la cubique, de la tangente au point correspondant A du cercle générateur Γ :

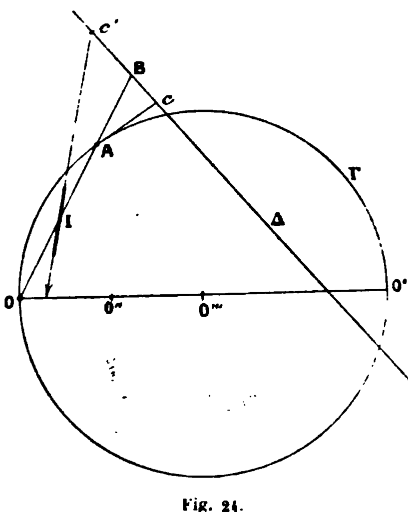


Fig. 24.

Ayant mené la tangente en A *au cercle* Γ *jusqu'à sa rencontre en* C *avec* Δ, *on prend* BC′ = CB ; C′I *est la tangente à la cubique.*

Mais, pour la démonstration de cette propriété, nous renvoyons aux sources citées.

5. On peut observer que les cubiques circulaires unicursales particulières qu'on nomme strophoïdes et cissoïdes (droites ou obliques), correspondent à des positions particulières de Δ bien faciles à préciser.

Pour avoir une strophoïde, il faut que les tangentes au nœud soient rectangulaires ; alors Δ passe par le centre de Γ.

Pour obtenir une cissoïde, il faut que les tangentes au nœud soient coïncidentes ; ce cas s'obtient donc en supposant que Δ est tangente à Γ.

Ces cas particuliers ont d'ailleurs été présentés dans notre traité de Géométrie analytique.

Lorsque Δ est perpendiculaire à OO′ on obtient la cissoïde droite, la strophoïde ordinaire, et la trisectrice de Mac Laurin (*), suivant que Δ passe par O′, par le centre O″, ou enfin par le point O‴, qui partage OO′ en deux parties égales.

6. On peut observer qu'en prenant sur Γ le point O′ symétrique de O, le point A s'obtient en abaissant de O′ une perpendiculaire sur la transversale OAB. Il n'est donc pas nécessaire, pour construire la cubique circulaire

conique et d'une droite, ne nous a pas été inspirée par celle-ci, si naturelle que la chose paraisse. C'est une lettre de M. Neuberg, dans laquelle notre savant collègue appelait notre attention sur un point relatif aux podaires de la parabole (courbes qui sont précisément des cubiques circulaires unicursales) qui a réveillé en nous cette idée des conchoïdales, idée qui s'adapte particulièrement bien aux cubiques circulaires unicursales, comme on peut en juger par la présente note.

(*) Pour cette courbe, voyez le *Journal de mathématiques spéciales*, août 1885, ou notre *Supplément au cours de mathématiques spéciales*.

unicursale, que le cercle Γ soit tracé, et, chose digne d'être remarquée, *ces courbes se construisent point par point et tangente par tangente au moyen de la règle et de l'équerre.*

Nous avons développé ce point important dans notre *Géométrie de la Règle et de l'Équerre* (*).

7. L'équation (A), (§ 2), met en évidence un fait beaucoup trop simple pour être nouveau, mais qui ne paraît pas susceptible d'une démonstration plus immédiate que celle qui suit.

Nous voulons parler de la possibilité de trouver, par le moyen des seules transcendantes élémentaires, l'aire σ des secteurs compris entre deux rayons vecteurs issus du point double et l'arc correspondant de la cubique.

L'équation (A) donne d'abord

$$\rho = \frac{h\sin\alpha}{\sin(\alpha-\omega)} - d\cos\omega,$$

et, par suite,

$$d\sigma = \frac{1}{2}\rho^2 d\omega = \frac{h^2\sin^2\alpha}{\sin^2(\alpha-\omega)}d\omega + d^2.\cos^2\omega.d\omega - \frac{2hd\sin\alpha\cos\omega}{\sin(\alpha-\omega)}d\omega\,.$$

On a donc

$$\sigma = h^2\sin^2\alpha\int\frac{d\omega}{\sin^2(\alpha-\omega)} + d^2\int\cos^2\omega\,d\omega - 2hd\sin\alpha\int\frac{\cos\omega\,d\omega}{\sin(\alpha-\omega)},$$

ou, par des formules connues,

$$\sigma = h^2\sin^2\alpha\cot g(\alpha-\omega) + \frac{d^2}{2}\left(\omega + \frac{\sin 2\omega}{2}\right)$$
$$+ 2hd\sin\alpha[\cos\alpha\,\mathrm{L}\sin(\alpha-\omega) - \omega\sin\alpha] + \mathrm{K}.$$

Cette dernière équation établit la propriété énoncée.

M. H. VAN AUBEL

Professeur de mathématiques à l'Athénée royal d'Anvers.

QUELQUES NOTES SUR LE PROBLÈME DE PELL

I

1. On sait, par la belle démonstration de Lagrange, que l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$ est toujours résoluble en nombres entiers, quelle que soit

(*) *Journal de mathématiques élémentaires*, 1885.

la valeur entière, non carré parfait, qu'on donne à A. Les plus petites valeurs de x et y (autres que 1 et 0) satisfaisant à cette équation, s'obtiennent par le développement de $\sqrt{A}$ en fraction continue. Si l'on désigne les quotients incomplets par $a, \alpha, \beta, \gamma.....$, cette fraction continue peut être représentée symboliquement par :

$$[a, \alpha, \beta, \gamma, ... \gamma, \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta, \gamma, ... \gamma, \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta, \gamma, ...]$$

Le premier quotient incomplet a est le plus grand entier contenu dans $\sqrt{A}$, les autres forment la partie périodique; la période, abstraction faite de son dernier terme $2a$, est symétrique. Si le nombre des termes de la période est pair, le plus simple système de valeurs de x et y, satisfaisant à l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$, est donné par les deux termes de la réduite $\frac{p}{q}$, qui correspond à l'avant-dernier terme de la première période; tous les autres systèmes sont fournis par les deux termes des réduites correspondant à l'avant-dernier terme de chacune des périodes suivantes, ou bien encore par les formules :

$$x = \frac{(p+q\sqrt{A})^m + (p-q\sqrt{A})^m}{2}, \quad y = \frac{(p+q\sqrt{A})^m - (p-q\sqrt{A})^m}{2\sqrt{A}}.$$

Si le nombre des termes de la période est impair, les deux termes de la réduite correspondant à l'avant-dernier terme de chaque période, forment alternativement les différents systèmes de solutions des équations $x^2 - Ay^2 = -1$ et $x^2 - Ay^2 = +1$.

Pour les détails de cette théorie on peut consulter l'*Essai sur la théorie des nombres*, de Legendre, 1re partie.

2. Si l'on connaît deux systèmes consécutifs de valeurs de x et y, satisfaisant à l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$, on peut trouver la valeur suivante de x, ainsi que celle de y, en multipliant la dernière par $2p$ et en retranchant l'avant-dernière du produit.

Comme, dans ce qui va suivre, nous aurons quelquefois l'occasion de nous servir de cette règle si simple, mentionnée par M. Brocard dans ses remarquables notes sur le problème de Pell (*Nouv. Corr. math.* de M. Catalan, t. IV, p. 166), nous allons en donner une démonstration directe.

Soient $x_{m-1}, y_{m-1}, x_m, y_m$ et x_{m+1}, y_{m+1}, trois systèmes consécutifs de valeurs de x et y; on aura :

$$x_{m-1} = \frac{(p+q\sqrt{A})^{m-1} + (p-q\sqrt{A})^{m-1}}{2},$$

$$x_m = \frac{(p+q\sqrt{A})^m + (p-q\sqrt{A})^m}{2},$$

$$x_{m+1} = \frac{(p+q\sqrt{A})^{m+1} + (p-q\sqrt{A})^{m+1}}{2}.$$

Or,

$$(p+q\sqrt{A})^{m+1}+(p-q\sqrt{A})^{m+1}$$
$$=(p+q\sqrt{A})^{m-1}(p^2+Aq^2+2pq\sqrt{A})+(p-q\sqrt{A})^{m-1}(p^2+Aq^2-2pq\sqrt{A}),$$

ou, en remarquant que $p^2-Aq^2=1$, d'où $Aq^2=p^2-1$,

$$(p+q\sqrt{A})^{m+1}+(p-q\sqrt{A})^{m+1}$$
$$=(p+q\sqrt{A})^{m-1}[2p(p+q\sqrt{A})-1]+(p-q\sqrt{A})^{m-1}[2p(p-q\sqrt{A})-1]$$
$$=2p[(p+q\sqrt{A})^{m}+(p-q\sqrt{A})^{m}]-[(p+q\sqrt{A})^{m-1}+(p-q\sqrt{A})]^{m-1}$$

Donc :

$$x_{m+1}=2px_m-x_{m-1}.$$

De même :

$$y_{m+1}=2py_m-y_{m-1}.$$

Si le nombre des termes de la période du développement de $\sqrt{A}$ en fraction continue est impair, les valeurs consécutives de x et y satisfont, comme on l'a vu plus haut, alternativement aux équations $x^2-Ay^2=-1$ et $x^2-Ay^2=+1$, et l'on trouvera de la même manière que, dans ce cas :

$$x_{m+1}=2px_m+x_{m-1},$$
$$y_{m+1}=2py_m+y_{m-1}.$$

D'après cela, si l'on connaît la solution la plus simple de l'équation $x^2-Ay^2=\pm 1$, on pourra les trouver toutes; car 1 et 0 forment une solution de l'équation $x^2-Ay^2=1$, quelle que soit la valeur de A.

Il arrive souvent que le nombre des termes de la période est considérable; alors les opérations que nécessite le calcul de la réduite $\frac{p}{q}$ sont extrêmement longues, et il importe de les simplifier autant que possible. Les deux théorèmes que nous allons faire suivre permettent de les réduire d'une manière très notable.

3. Théorème I. — *Si le nombre des termes de la période est pair, et que $\frac{m}{n}$ représente la réduite précédant immédiatement celle qui correspond au terme milieu de la partie symétrique de la première période, on a :*

$$p=\frac{An^2+m^2}{An^2-m^2} \qquad \text{et} \qquad q=\frac{2mn}{An^2-m^2}.$$

Soit $\frac{m_0}{n_0}$ la réduite qui précède $\frac{m}{n}$; on a :

$$\sqrt{A}=[a, \alpha, \beta, \ldots\ldots \theta, k, \lambda, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta, \ldots\ldots]$$

et les réduites correspondantes :

$$\frac{a}{1}, \ldots\ldots \frac{m_0}{n_0}, \frac{m}{n}, \ldots\ldots \frac{p}{q}, \ldots\ldots$$

Donc :

$$\frac{m}{n} - a = \frac{m - an}{n} = [o, \alpha, \beta, \ldots\ldots \theta, k].$$

Si l'on pose $y' = [o, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha]$, qui est la fraction continue précédente, prise en sens inverse, on aura, d'après une propriété connue : $y' = \frac{n_0}{n}$. La réduite qui répond au quotient incomplet λ, étant $\frac{m\lambda + m_0}{n\lambda + n_0}$, on trouvera celle qui répond à l'avant-dernier terme α de la première période, c'est-à-dire $\frac{p}{q}$, en remplaçant, dans $\frac{m\lambda + m_0}{n\lambda + n_0}$, λ par $\lambda + y$ ou par $\lambda + \frac{n_0}{n}$, ce qui donne :

$$\frac{p}{q} = \frac{m(\lambda n + n_0) + m_0 n}{n(\lambda n + n_0) + n_0 n}.$$

Donc, comme chaque réduite est une fraction irréductible,

$$p = m(\lambda n + n_0) + m_0 n, \qquad q = n(\lambda n + n_0) + n_0 n.$$

En faisant ensuite $z = [o, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta, \ldots\ldots]$, on aura de même :

$$\sqrt{A} = \frac{m(\lambda + z) + m_0}{n(\lambda + z) + n_0}.$$

Or les deux dernières réduites de la fraction continue $[o, \alpha, \beta, \ldots\ldots \theta, k]$ sont $\frac{m_0 - an_0}{n_0}$ et $\frac{m - an}{n}$; celles de la fraction continue inverse $[o, k, \theta, \ldots \beta, \alpha]$ seront donc $\frac{m_0 - an_0}{m - an}$ et $\frac{n_0}{n}$; et comme la valeur de z peut être mise sous la forme

$$[o, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, a + \sqrt{A}],$$

on a :

$$z = \frac{n_0(a + \sqrt{A}) + m_0 - an_0}{n(a + \sqrt{A}) + m - an} = \frac{n_0\sqrt{A} + m_0}{n\sqrt{A} + m};$$

par suite :

$$\sqrt{A} = \frac{m\left(\lambda + \frac{n_0\sqrt{A} + m_0}{n\sqrt{A} + m}\right) + m_0}{n\left(\lambda + \frac{n_0\sqrt{A} + m_0}{n\sqrt{A} + m}\right) + n_0} = \frac{(\lambda mn + mn_0 + m_0 n)\sqrt{A} + (\lambda m + 2m_0)\, m}{n(\lambda n + 2n_0)\sqrt{A} + \lambda mn + m_0 n + mn_0},$$

d'où :

$$An(\lambda n + 2n_0) = m(\lambda m + 2m_0),$$

et par conséquent :

$$\lambda = \frac{2(An_0 n - m_0 m)}{m^2 - An^2}.$$

Par la substitution de la valeur de λ dans celles de p et q, trouvées plus haut, on obtient, après réductions :

$$p = \frac{m^2(mn_0 - m_0 n) + An^2(mn_0 - m_0 n)}{m^2 - An^2}, \qquad q = \frac{2mn(mn_0 - m_0 n)}{m^2 - An^2};$$

donc, à cause de la relation $mn_0 - m_0 n = \pm 1$, suivant que la réduite $\frac{m}{n}$, et par suite le quotient incomplet k est de rang pair ou de rang impair, on a toujours en valeur absolue :

$$p = \frac{An^2 + m^2}{An^2 - m^2}, \qquad q = \frac{2mn}{An^2 - m^2}.$$

Remarque. — Si le nombre des termes de la période est impair et que $\frac{p}{q}$ représente la réduite correspondant à l'avant-dernier quotient incomplet de la première période, p et q formeront la solution la plus simple de l'équation $x^2 - Ay^2 = -1$; mais, les deux premières périodes pouvant être considérées comme n'en formant qu'une d'un nombre pair de termes, on pourra trouver la solution la plus simple de l'équation $x^2 - Ay^2 = +1$, en remplaçant m et n respectivement par p et q, ce qui donne :

$$x = \frac{Aq^2 + p^2}{Aq^2 - p^2}, \qquad y = \frac{2pq}{Aq^2 - p^2}.$$

Ces valeurs sont d'ailleurs identiques à

$$x = 2p^2 + 1, \qquad y = 2pq,$$

que l'on trouve par l'application des formules $x_{m+1} = 2px_m + x_{m-1}$, $y_{m+1} = 2py_m + y_{m-1}$, trouvées plus haut (2), pourvu qu'on tienne compte de la relation $p^2 - Aq^2 = -1$.

4. Théorème II. — *Si le nombre des termes de la période est impair, c'est-à-dire que*

$$\sqrt{A} = [a, \alpha, \beta, \ldots\ldots \theta, k, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta \ldots\ldots]$$

et que $\frac{m_0}{n_0}$, $\frac{m}{n}$ *représentent les réduites correspondant aux deux derniers quotients incomplets,* θ, k *de la première moitié de la partie symétrique de la période, et* $\frac{p}{q}$ *celle qui correspond à l'avant-dernier terme* α, *on a :*

$$p = mn + m_0 n_0, \qquad q = n^2 + n_0^2.$$

En effet, les dernières réduites de la fraction continue $[o, \alpha, \beta, \ldots\ldots \theta, k]$ sont $\frac{m_0 - an_0}{n_0}$, $\frac{m - an}{n}$; d'où il suit que celles de $[o, k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha]$ seront $\frac{m_0 - an_0}{m - an}$, $\frac{n_0}{n}$ et celles de $[k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha]$, $\frac{m - an}{m_0 - an_0}$, $\frac{n}{n_0}$.

On trouvera donc la valeur de $\frac{p}{q}$ en remplaçant, dans $\frac{mt + m_0}{nt + n_0}$, t par $\frac{n}{n_0}$, ce qui donne :

$$\frac{p}{q} = \frac{mn + m_0 n_0}{n^2 + n_0^2}$$

ou :

$$p = mn + m_0 n_0 \qquad \text{et} \qquad q = n^2 + n_0^2.$$

Remarque. — En posant $z = [k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, 2a, \alpha, \beta \ldots\ldots]$,
ou :

$$z = [k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha, a + \sqrt{A}],$$

on trouve la valeur de $\sqrt{A}$, en remplaçant t par z dans $\frac{mt + m_0}{nt + n_0}$;
donc :

$$\sqrt{A} = \frac{mz + m_0}{n^z + n_0}.$$

Puisque les deux dernières réduites de $[k, \theta, \ldots\ldots \beta, \alpha]$ sont $\frac{m - an}{m_0 - an_0}$, $\frac{n}{n_0}$, on a :

$$z = \frac{n(a + \sqrt{A}) + m - an}{n_0(\quad \sqrt{A}) + m_0 - an_0} = \frac{n\sqrt{A} + m}{n_0\sqrt{A} + m_0},$$

et par conséquent :

$$\sqrt{A} = \frac{m\left(\frac{n\sqrt{A} + m}{n_0\sqrt{A} + m_0}\right) + m_0}{n\left(\frac{n\sqrt{A} + m}{n_0\sqrt{A} + m_0}\right) + n_0} = \frac{(mn + m_0 n_0)\sqrt{A} + m^2 + m_0^2}{(n^2 + n_0^2)\sqrt{A} + mn + m_0 n_0};$$

d'où l'on déduit la relation remarquable :

$$A(n^2 + n_0^2) = m^2 + m_0. \qquad (a)$$

5. THÉORÈME III. — *Si le développement de $\sqrt{A}$ donne lieu à une frac-*

tion continue dont le nombre des termes de la période est impair, le nombre A est la somme de deux carrés premiers entre eux.

En effet, la valeur :

$$z = \frac{n\sqrt{A} + m}{n_0\sqrt{A} + m_0}$$

peut être mise sous la forme :

$$z = \frac{(mn_0 - m_0 n)\sqrt{A} + An_0 n - m_0 m}{An_0^2 - m_0^2},$$

ou, à cause de la relation $mn_0 - m_0 n = \pm 1$:

$$z = \frac{\sqrt{A} \pm (An_0 n - m_0 m)}{\pm (An_0^2 - m_0^2)}.$$

En désignant par D le dénominateur et par I la partie rationnelle du numérateur de cette fraction, on a :

$$I^2 + D^2 = (An_0 n - m_0 m)^2 + (An_0^2 - m_0^2)^2,$$

ou, en remplaçant A par sa valeur $\frac{m_0^2 + m^2}{n_0^2 + n^2}$, tirée de la relation (a), réduisant et simplifiant,

$$I^2 + D^2 = \frac{m_0^2 + m^2}{n_0^2 + n^2}(mn_0 - m_0 n)^2 = \frac{m_0^2 + m^2}{n_0^2 + n^2}.$$

ou :

$$I^2 + D^2 = A. \qquad (b)$$

De plus, les nombres I et D sont premiers entre eux. En effet, tout nombre qui diviserait I et D, ou $An_0 n - m_0 m$ et $An_0^2 - m_0^2$, devrait, à cause de la relation (b), diviser A ; étant un diviseur de $An_0^2 - m_0^2$ et A, il diviserait aussi m_0^2 ; enfin, divisant m_0^2 et A, il serait également un diviseur de m^2, à cause de la relation (a). Les nombres m_0 et m ne seraient donc pas premiers entre eux, ce qui est impossible, attendu que $\frac{m}{m_0}$ est la dernière réduite de la fraction continue $[k, \theta, ... \beta, \alpha, a]$.

Remarque I. — Ce théorème permet de *décomposer un nombre* A *en deux carrés premiers entre eux*, dans le cas où le développement de $\sqrt{A}$ donne lieu à une fraction continue dont le nombre des termes de la période est impair.

Remarque II. — La réciproque de ce théorème n'est pas vraie ; en d'autres termes, A peut être la somme de deux carrés premiers entre eux, sans que pour cela $\sqrt{A}$ donne lieu à une fraction continue dont le nombre des termes de la période soit *impair*. Parmi les nombres non carrés parfaits, inférieurs à 1.600, décomposables en deux carrés premiers entre eux,

et qui sont au nombre de 283, il y en a 46 dont la racine carrée donne lieu à une fraction continue dont le nombre des termes de la période est *pair :* voici ces 46 nombres :

$34 = 3^2 + 5^2$	$466 = 5^2 + 21^2$	$706 = 9^2 + 25^2$	$905 = 8^2 + 29^2$	$1394 = 5^2 + 37^2$
$146 = 5^2 + 11^2$	$482 = 11^2 + 19^2$	$725 = 7^2 + 26^2$	» $= 11^2 + 28^2$	$1405 = 6^2 + 37^2$
$178 = 3^2 + 13^2$	$505 = 8^2 + 21^2$	» $= 14^2 + 23^2$	$965 = 2^2 + 31^2$	» $= 26^2 + 27^2$
$194 = 5^2 + 13^2$	» $= 12^2 + 19^2$	$745 = 4^2 + 27^2$	» $= 17^2 + 26^2$	$1469 = 5^2 + 38^2$
$205 = 3^2 + 14^2$	$514 = 15^2 + 17^2$	» $= 13^2 + 24^2$	$1154 = 23^2 + 25^2$	» $= 10^2 + 37^2$
» $= 6^2 + 13^2$	$545 = 4^2 + 23^2$	$793 = 3^2 + 28^2$	$1186 = 15^2 + 31^2$	$1513 = 12^2 + 37^2$
$221 = 5^2 + 14^2$	» $= 16^2 + 17^2$	» $= 8^2 + 27^2$	$1202 = 19^2 + 31^2$	» $= 27^2 + 28^2$
» $= 10^2 + 11^2$	$562 = 11^2 + 21^2$	$802 = 19^2 + 21^2$	$1205 = 7^2 + 34^2$	$1517 = 19^2 + 34^2$
$305 = 4^2 + 17^2$	$578 = 7^2 + 23^2$	$850 = 3^2 + 29^2$	» $= 23^2 + 26^2$	» $= 26^2 + 29^2$
» $= 7^2 + 16^2$	$650 = 11^2 + 23^2$	» $= 11^2 + 27^2$	$1234 = 3^2 + 35^2$	$1537 = 4^2 + 39^2$
$377 = 14^2 + 16^2$	» $= 17^2 + 19^2$	$866 = 5^2 + 29^2$	$1282 = 21^2 + 29^2$	» $= 24^2 + 31^2$
» $= 4^2 + 19^2$	$674 = 7^2 + 25^2$	$890 = 7^2 + 29^2$	$1345 = 7^2 + 36^2$	$1538 = 13^2 + 37^2$
$386 = 5^2 + 19^2$	$689 = 8^2 + 25^2$	» $= 19^2 + 23^2$	» $= 16^2 + 33^2$	
$410 = 7^2 + 19^2$	» $= 17^2 + 20^2$	$898 = 13^2 + 27^2$	$1346 = 11^2 + 35^2$	

6. On vient de voir que, pour que l'équation $x^2 - Ay^2 = -1$ soit soluble en nombres entiers, *il faut* que A soit la somme de deux carrés premiers entre eux. On sait d'ailleurs que tous les diviseurs d'un nombre, décomposable en deux carrés premiers entre eux, sont eux-mêmes décomposables de la même manière. D'où l'on conclut que l'équation $x^2 - Ay^2 = -1$ n'est jamais soluble pour des valeurs de A qui sont des multiples des nombres premiers non décomposables en deux carrés premiers entre eux, par exemple, pour des valeurs de l'une des formes $3m$, $7m$, $11m$, $19m$, $23m$, $31m$, $43m$, $47m$, $59m$, etc.

7. Reprenons maintenant le cas où le nombre des termes de la période est pair. Nous avons trouvé (3) p et q étant les plus simples valeurs entières de x et y, satisfaisant à l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$:

$$p = \frac{An^2 + m^2}{An^2 - m^2}, \qquad q = \frac{2mn}{An^2 - m^2}.$$

Ces valeurs, dans lesquelles $\frac{m}{n}$ représente la réduite précédant celle qui correspond au terme milieu de la partie symétrique de la première période, satisfont identiquement à l'équation, comme il est facile de s'en assurer; mais, ce qui plus est, elles ne cessent pas de vérifier cette équation, même si l'on suppose que $\frac{m}{n}$ soit un nombre quelconque. C'est cette circonstance qui nous a suggéré une méthode très élémentaire de résolution, en nombres rationnels, de l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$, ne nécessitant pas le développement de $\sqrt{A}$ en fraction continue, et que nous allons exposer dans la deuxième partie de ce travail.

II

8. En désignant par b un nombre rationnel quelconque, on pourra mettre l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$ sous la forme :

$$b^2y^2 + (A - b^2)y^2 - 1 = x^2,$$

et l'on voit que le premier membre sera un carré parfait, si l'on pose :

$$(A - b^2)y^2 = 2by,$$

d'où :

$$y = \frac{2b}{A - b^2}.$$

L'équation proposée devient ainsi :

$$b^2y^2 + 2by + 1 = x^2,$$

d'où :

$$x = by + 1 = \frac{A + b^2}{A - b^2}.$$

Concluons de là que le système rationnel

$$x = \frac{A + b^2}{A - b^2}, \qquad y = \frac{2b}{A - b^2}$$

vérifie l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$, quelle que soit la valeur rationnelle qu'on attribue à b.

9. Si b est un nombre entier et que $A - b^2$ soit un diviseur de $2b$, la valeur de y sera entière ; il en sera de même de celle de x, à cause de la relation $x = by + 1$. Or, il est clair que le dénominateur $A - b^2$ est numériquement plus grand que le numérateur $2b$, pour toute valeur de b inférieure à a ou supérieure à $a + 1$, a étant la partie entière de $\sqrt{A}$. Ce n'est donc qu'en faisant varier b de a à $a + 1$ qu'on *pourra* trouver des valeurs entières pour y.

Si l'on remplace b par a ou par $a + 1$, on obtiendra immédiatement une solution en nombres entiers de l'équation, pour un certain nombre de valeurs de A ; ce nombre de valeurs sera d'autant plus grand que $2a$ ou $2(a+1)$ compteront plus de diviseurs. En supposant, par exemple. $a = 35$, on aura $a^2 = 1225$ et $(a + 1)^2 = 1296$. On formera donc le tableau suivant :

A	*b*	*y*	*x*	A	*b*	*y*	*x*
1226	35	70	2451	1284	36	6	215
1227	35	35	1226	1287	36	8	287
1230	35	14	491	1288	36	9	323
1232	35	10	351	1290	36	12	431
1235	35	7	246	1292	36	18	647
1239	35	5	176	1293	36	24	863
1260	35	2	71	1294	36	36	1295
1272	36	3	107	1295	35	1	36
1278	36	4	143				

10. Dans le cas où les valeurs de y et x ont la forme $y=\frac{n}{2}$, $x=\frac{m}{2}$, on pourra en déduire des valeurs entières. En effet, au moyen des deux systèmes de valeurs $y=0$, $x=1$ et $y=\frac{n}{2}$, $x=\frac{m}{2}$, on trouve (2): d'abord

$$y=\frac{mn}{2}, \qquad x=\frac{m^2-2}{2},$$

puis :

$$y=\frac{(m^2-1)n}{2}, \qquad x=\frac{m(m^2-3)}{2}.$$

Puisque m et n sont impairs, le sdernières valeurs de y et x sont entières. On peut donc également trouver une solution, en nombres entiers, pour toute valeur de A de la forme

$$(2c+1)^2\pm 4,$$

si A est impair, ou

$$(2^{n''}c)^2\pm 2^{n''+2}$$

si A est pair (n'' pouvant varier depuis zéro jusqu'à n')

Si $x=m$, $y=n$ est une solution, en nombres entiers, de l'équation $x^2-Ay^2=1$ et que A ait la forme θ^2A', $x=m$, $y=\theta n$ en sera une de l'équation $x^2-A'y^2=1$.

Réciproquement, si $A=\theta^2A'$ et qu'on connaisse une solution $x=m$, $y=n$ de l'équation $x^2-A'y^2=1$, $x=m$, $y=\frac{n}{\theta}$ sera une solution de l'équation $x^2-Ay^2=1$. Généralement, cette valeur de y sera fractionnaire; mais des deux solutions $y=0$, $x=1$ et $y=\frac{n}{\theta}$, $x=m$, on pourra en déduire successivement autant d'autres qu'on voudra (2). Toutes les valeurs de x, ainsi trouvées, seront entières et celles de y auront le dénominateur θ; donc, pour avoir une solution en nombres entiers, il suffira de continuer jusqu'à ce que le numérateur de la valeur de y soit un multiple de θ.

Voici quelques exemples :

	A	b	y	x		y	x
	13	3	$\frac{3}{2}$	$\frac{11}{2}$	d'où	180	649(*)
$19 = 171 : 3^2$	171	13	13	170			
donc	19		39	170			
$21 = 84 : 2^2$	84	9	6	55			
donc	21		12	55			
$22 = 198 : 3^2$	198	14	14	197			
donc	22		42	197			
	28	6	$\frac{3}{2}$	8	d'où	24	127
	29	5	$\frac{5}{2}$	$\frac{27}{2}$	»	1820	9801 (*)
$31 = 1519 : 7^2$	1513	39	39	1520			
donc	31		273	1520			
$41 = 1025 : 5^2$	1025	32	64	2049			
donc	41		320	2049			
$43 = 3483 : 9^2$	3483	59	59	3482			
donc	43		531	3482			
$44 = 11.2^2$	11	3	3	10			
donc	44		$\frac{3}{2}$	10	d'où	30	199
$45 = 5.3^2$	5	2	4	9			
donc	43		$\frac{4}{3}$	9	d'où	24	161

etc.

De même, pour les nombres compris entre 35^2 et 36^2 (9) :

A	b	y	x		y	x
1229	35	$\frac{35}{2}$	$\frac{1227}{2}$	d'où	26346740	923640201
1242	36	$\frac{4}{3}$	47	»	11780	415151
1245	35	$\frac{7}{2}$	$\frac{247}{2}$	»	213528	7534241
1248	36	$\frac{3}{2}$	53	»	159	5617
1250	35	$\frac{14}{5}$	99	»	4303140814	152139002499
1253	35	$\frac{5}{2}$	$\frac{177}{2}$	»	78320	2772351
1264	36	$\frac{9}{4}$	80	»	360	6399
1269	36	$\frac{8}{3}$	95	»	96266	342921
1274	35	$\frac{10}{7}$	51	»	1515720	54100801
1275	35	$\frac{7}{5}$	50	»	140	4999
1280	36	$\frac{9}{2}$	161	»	1449	37351

11. Il arrive parfois que de deux solutions en nombres fractionnaires on peut déduire une solution en nombres entiers.

(*) Ces valeurs ne sont pas celles que donne Legendre (dernière table) ; mais on ne doit pas perdre de vue que, dans le cas où l'équation $x^2 - Ay^2 = -1$ est soluble, Legendre donne la plus petite solution de celle-ci.

Soient $x = m$, $y = n$, $x = m'$, $y = n'$ deux solutions en nombres fractionnaires. Le produit des deux égalités :

$$m^2 - An^2 = 1, \qquad m'^2 - An'^2 = 1$$

peut être mis sous la forme

$$(mm' \pm Ann')^2 - A(mn' \pm m'n)^2 = 1;$$

par conséquent $y = mn' \pm m'n$, $x = mm' \pm Ann'$ sont également une solution de l'équation $x^2 - Ay^2 = 1$, et, dans certains cas, ces valeurs peuvent être entières.

Exemples. — 1° Soit $A = 107$.

Pour $b = 10$, on trouve $n = \frac{20}{7}$, $m = \frac{207}{7}$,

$b = 11$ $n' = \frac{11}{7}$, $m' = \frac{114}{7}$,

d'où $y = mn' + m'n = 93$; $x = mm' + Ann' = 962$.

2° $A = 114$; pour $b = 10 \cdots\cdots n = \frac{10}{7}$, $m = \frac{107}{7}$.

$b = 11 \cdots\cdots n' = \frac{22}{7}$, $m' = \frac{235}{7}$,

d'où $y = mn' + m'n = 96$; $x = mm' + Ann' = 1025$.

3° $A = 115$; pour $b = 10 \cdots\cdots n = \frac{4}{3}$, $m = \frac{43}{3}$.

$b = 11 \cdots\cdots n' = \frac{11}{3}$, $m' = \frac{118}{3}$,

d'où $y = mn' + m'n = 105$, $x = mm' + Ann' = 1126$.

4° $A = 149$; pour $b = 12 \cdots\cdots n = \frac{24}{5}$, $m = \frac{293}{5}$,

$b = 13 \cdots\cdots n' = \frac{13}{10}$, $m' = \frac{159}{10}$,

d'où $y = mn' + m'n = \frac{305}{2}$, $x = mm' + Ann' = \frac{3723}{2}$,

par suite (10) :

$$y = 2113761020, \qquad x = 25801741449,$$

etc.

Théorème. — *Si* a^2 *est le plus grand carré contenu dans* A *et que* $(a + 1)^2 - a^2$ *soit un multiple de 3, ou* $2a + 1 = 3p$, *la solution* $y = mn' + m'n$, $x = mm' + Ann'$ *sera toujours entière 1° pour* $A = a^2 + p$, *2° pour* $A = a^2 + 2p$.

1° $A = a^2 + p$. Pour $b = a$ on a $n = \frac{2a}{p}$, $m = \frac{2a^2 + p}{p}$,

$b = a + 1$ $n' = \frac{a+1}{p}$, $m' = \frac{(a+1)^2 - p^2}{p}$

(L'équation $x^2 - Ay^2 = 1$ ne contenant que les carrés des inconnues, nous avons pu changer de signe les valeurs de n' et m').

La nouvelle valeur de y sera :

$$y = mn' + m'n = \frac{4a^3 + 6a^2 - ap + 2a + p}{p^2},$$

ou, en remplaçant a par sa valeur $\frac{3p-1}{2}$, tirée de la relation $2a + 1 = 3p$,

$$y = \frac{3(9p-1)}{2}.$$

Comme p est nécessairement impair, cette valeur est entière.

De même :

$$x = mm' + Ann' = \frac{81p^2 - 18p + 5}{4} = \left(\frac{y}{3}\right)^2 + 1.$$

2° $A = a^2 + 2p$. On trouve de la même manière :

$$y = \frac{3(9p+1)}{2}, \qquad x = \left(\frac{y}{3}\right)^2 + 1.$$

En faisant varier p, on formera le tableau suivant :

p	a	$A = a^2 + p$	y	x	$A = a^2 + 2p$	y	x
3	4	19	39	170	22	42	197
5	7	54	66	485	59	69	530
7	10	107	93	962	114	96	1025
9	13	178	120	1601	187	123	1682
11	16	267	147	2402	278	150	2501
13	19	374	174	3365	387	177	3482
15	22	499	201	4490	514	204	4625
17	25	642	228	5777	659	231	5930
19	28	803	255	7226	822	258	7397
21	31	982	282	8837	1003	285	9026
23	34	1179	309	10610	1202	312	10817
25	37	1394	336	12545	1419	339	12770

etc.

Généralisation de ce théorème. — Soit $A = a^2 + cp$ et $2a + 1 = dp$, d'où $a = \frac{dp-1}{2}$.

Pour $b = a$, on a $n = \frac{2a}{cp}$, $m = \frac{2a^2 + cp}{cp}$,

$b = a + 1$ $n' = \frac{2(a+1)}{(d-c)p}$, $m' = \frac{2(a+1)^2 - (d-c)p}{(d-c)p}$,

d'où la nouvelle solution :

$$y = mn' + m'n = \frac{8a^3 + 12a^2 + 2ap(2c-d) + 4a + 2cp}{cp^2(d-c)},$$

$$x = mm' + Ann' = \frac{8a^4 + 12a^3 + 2a^2(4cp - dp + 2) + 8acp + 2cp - cp^2(d-c)}{cp^2(d-c)}$$

ou, en remplaçant a par sa valeur $\frac{dp-1}{2}$ et simplifiant (*) :

(*) Il est remarquable que les termes du premier degré par rapport à p, ainsi que les termes indépendants de p, disparaissent au numérateur, ce qui permet de supprimer le facteur commun p^2.

$$y=\frac{d(d^2p+2c-d)}{c(d-c)}, \qquad x=\frac{c(d-c)}{2}\cdot\left(\frac{y}{d}\right)^2+1.$$

Comme d est impair, le produit $c(d-c)$ sera pair, et par conséquent x et y sont entiers pour toutes les valeurs de A qui rendent $d^2p+2c-d$ exactement divisible par $c(d-c)$.

Nous faisons suivre, pour quelques valeurs de A, les solutions que l'on trouve au moyen de ces formules, et dont la recherche échappe aux procédés employés aux n°s 9 et 10.

c	d	p	a	A	y	x
1	5	11	27	740	340	9249
				$185 = 740 : 2^2$	680	9249
1	5	15	37	1384	465	17299
				$346 = 1384 : 2^2$	930	17299
1	5	10	47	2228	590	27849
				$557 = 2228 : 2^2$	1180	27849
1	5	23	57	3272	715	56449
				$818 = 3272 : 2^2$	1430	56449
1	5	5	12	149	$\frac{305}{2}$	$\frac{3723}{2}$
				ou (10)	2113766020	25801741449
1	5	9	22	493	$\frac{555}{2}$	$\frac{12323}{2}$
				ou (10)	42140231020	935662752649
1	5	13	32	1037	$\frac{805}{2}$	$\frac{25923}{2}$
				ou (10)	270480776020	8710152963849
2	5	7	17	303	145	2524
3	5	5	12	159	105	1324
3	5	11	27	762	230	6349
4	5	5	12	164	160	2049
				$41 = 164 : 2^2$	320	2049
4	5	9	22	520	285	6449
				$130 = 520 : 2^2$	570	6449
4	5	13	32	1076	410	13449
				$269 = 1076 : 2^2$	820	13449
4	5	17	42	1832	535	22899
				$458 = 1832 : 2^2$	1070	22899
4	5	21	52	2788	660	34849
				$697 = 2788 : 2^2$	1320	34849
4	5	25	62	3944	765	49299
				$986 = 3944 : 2^2$	1530	49299
4	5	7	17	317	$\frac{445}{2}$	$\frac{7923}{2}$
				ou (10)	13927583980	248678907849
4	5	11	27	773	$\frac{695}{2}$	$\frac{19323}{2}$
				ou (10)	129748968980	3607394696649
1	7	5	17	294	280	4801
1	7	11	38	1455	623	23765
2	7	7	24	590	238	5781
4	7	11	38	1488	315	12151
				$372 = 1488 : 2^2$	630	12151
				$93 = 372 : 2^2$	1260	12151
4	7	35	122	15024	1001	122695
				$939 = 15024 : 4^2$	4004	122695

etc.

12. Jusqu'à présent, nous avons toujours donné à b les valeurs entières a et $a+1$ dans les formules

$$y=\frac{2b}{A-b^2}, \qquad x=by+1.$$

Mais rien ne nous empêche de remplacer b par un nombre fractionnaire $\frac{p}{q}$, ce qui donne :

$$y=\frac{2pq}{Aq^2-p^2}, \quad \text{d'où } A=\frac{p^2y+2pq}{q^2y}.$$

Si p et q forment une solution en nombres entiers de l'équation $x^2-A'y^2=1$, c'est-à-dire que $p^2-A'q^2=1$, d'où $\frac{p^2}{q^2}=A'+\frac{1}{q^2}$, la valeur de A pourra être mise sous la forme :

$$A=A'+\frac{y+2pq}{q^2y},$$

ou, en posant $\frac{y+2pq}{q^2y}=y'$, d'où $y=\frac{2pq}{q^2y'-1}$,

$$A=A'+y'.$$

Les relations :

$$y=\frac{2pq}{q^2y'-1}, \quad x=\frac{p}{q}y+1=\frac{2p^2}{q^2y'-1}+1, \quad A=A'+y'$$

montrent que, s'il y a pour y' des valeurs entières qui rendent entières celles de y et de x, la solution $y=q$, $x=p$ de l'équation $x^2-A'y^2=1$ pourra servir à trouver une solution, en nombres entiers, de l'équation $x^2-Ay^2=1$.

Exemples. — 1° Pour $A'=650$, on a (8) $q=2$, $p=51$; donc :

$$A=650+y', \quad y=\frac{2^2.3.17}{4y'-1}, \quad x=\frac{2.3^2.17^2}{4y'-1}+1.$$

En faisant $y'=1$, on obtient $A=651$, $y=68$, $x=1735$.

» $y'=-4$ » $A=646$ $y=12$, $x=305$.

2° Pour $A'=689$, on trouve $q=4$, $p=105$; donc :

$$A=689+y', \quad y=\frac{2^3.3.5.7}{16y'-1}, \quad x=\frac{2.3^2.5^2.7^2}{16y'-1}+1.$$

En faisant $y'=1$, en obtient $A=690$, $y=56$, $x=1471$.

3° Pour $A'=1190$, on trouve $q=2$, $p=69$;

donc :

$$A = 1190 + y', \quad y = \frac{2^2.3.23}{4y'-1}, \quad x = \frac{2.3^2.23^2}{4y'-1} + 1.$$

En faisant $y' = 1$, on obtient $A = 1191$, $y = 92$, $x = 3175$.

13. Au lieu de prendre pour p et q une solution, en nombres entiers, de l'équation $x^2 - A'y^2 = 1$, on peut aussi supposer que ce soient des nombres entiers quelconques.

Exemples. — 1° Soient $p = 490$, $q = 19$; on aura :

$$y = \frac{2pq}{Aq^2 - p^2}, \quad \text{d'où } A = \frac{p^2y + 2pq}{q^2y} = \frac{490^2y + 2^2.5.7^4.19}{19^2y}.$$

ou, en effectuant la division autant que possible :

$$A = 665 + \frac{35y + 2^2.5.7^2.19}{19^2y} = 665 + y';$$

donc :

$$y = \frac{2^2.5.7^2.19}{19^2y' - 35}, \quad x = \frac{2^3.5^2.7^4}{19^2y' - 35} + 1.$$

Pour $y' = 0$, on obtient :

$$A = 665, \quad y = 532, \quad x = 13719.$$

2° $p = 484$, $q = 39$. On trouve de la même manière :

$$A = 154 + \frac{22y + 2^3.11^2.39}{39^2y} = 154 + y',$$

$$y = \frac{2^3.11^2.39}{39^2y' - 22}, \quad x = \frac{2^5.11^4}{39^2y' - 22} + 1.$$

$y' = 0$ donne $\quad A = 154, \quad y = 1716, \quad x = 21295.$

3° $p = 88$, $q = 3$.

$$A = 860 + \frac{4y + 2^4.3.11}{9y} = 860 + y'.$$

$$y = \frac{2^4.3.11}{9y' - 4}, \quad x = \frac{2^7.11^2}{9y' - 4} + 1.$$

$y' = -2$ donne $\quad A = 858, \quad y = 24, \quad x = 673.$

4° $p = 95$, $q = 3$.

$$A = 1002 + \frac{7y + 2.3.5.19}{9y} = 1002 + y',$$

$$y = \frac{2.3.5.19}{9y' - 7}, \quad x = \frac{2.5^2.19^2}{9y' - 7} + 1.$$

$y' = 5$ donne $\quad A = 1007, \quad y = 15, \quad x = 476.$

5° $p=168$, $q=5$.

$$A=1129-\frac{y-2^4.3.5.7}{25y}=1129-y',$$

$$y=-\frac{2^4.3.5.7}{25y'-1},\qquad x=-\frac{2^7.3^2.7^2}{25y'-1}+1.$$

Pour $y'=0$, on a : $A=1129$, $y=1680$. $x=56447$

6° $p=206$, $q=7$.

$$A=866+\frac{2y+2^2.7.103}{49y}=866+y,$$

$$y=\frac{2^2.7.103}{49y'-2},\qquad x=\frac{2^3.103^2}{49y'-2}.$$

Pour $y'=0$,...... $A=866$, $y=1442$, $x=42435$.

14. Pour terminer ce travail, qu'il nous soit permis de rappeler ce passage des notes, déjà citées, de M. Brocard (N. C. M., t. IV, p. 339) : « Notre intention n'a été que de signaler à la curiosité de nos lecteurs un intéressant sujet de recherches. Nous serons heureux d'apprendre qu'elles auront conduit à des résultats nouveaux, permettant de résoudre rapidement le problème de Pell..... ».

Le procédé que nous avons exposé (à partir du n° 8), donne le moyen de résoudre rapidement le problème de Pell pour un très grand nombre de valeurs de A. Ainsi, en appliquant aux 90 nombres, non carrés parfaits, inférieurs à 100, les formules trouvées au n° 8, après y avoir remplacé b par a ou par $a+1$, on trouve spontanément des solutions pour 51 de ces nombres. On en obtient encore pour 34 autres, par l'application de ce qui a été dit au n° 10; seulement un certain nombre d'entre eux nécessitent quelques tâtonnements; tels sont les nombres 31, 43, 58, 67, 71, 86. Quant aux nombres 46, 73, 89, 94 et 97, qui échappent à la méthode, il y a lieu de chercher quelle valeur fractionnaire, comprise entre a et $a+1$, il faudra donner à b, pour rendre entières les valeurs de y et x. Or, le théorème I (3) fait connaître cette valeur fractionnaire; c'est la réduite $\frac{m}{n}$ précédant celle qui correspond au terme milieu de la partie symétrique de la première période du développement de $\sqrt{A}$ en fraction continue, du moins dans le cas où le nombre des termes de la période est pair; dans le cas contraire, ce théorème servira encore, pourvu que l'on considère l'ensemble des deux premières périodes comme formant la première. On voit donc que, pour les nombres auxquels la méthode n'est pas applicable, on est forcément conduit au développement de $\sqrt{A}$ en fraction continue.

M. P.-H. SCHOUTE

Professeur à l'Université de Groningue.

SUR LES CARRÉS MAGIQUES A ENCEINTE

Au Congrès de Reims (1880), M. Laquière s'est occupé de la formation des carrés doublement magiques à nombre impair de cases, que nous appelons des carrés magiques à enceinte. Dans ce qui suit nous communiquerons un procédé bien simple pour en obtenir un très grand nombre.

Ce procédé peut être analysé en quatre parties distinctes :

a). *Inscription* de la série naturelle des n^2 premiers nombres 1, 2, 3... n^2 ligne par ligne dans les n^2 cases du carré et division de ce carré en une case centrale et des cadres concentriques (pl. II, fig. 1).

b). *Déplacement par série arithmétique* des nombres contenus dans les cadres. Si l'on numérote les cases d'un cadre à partir de la case qui termine à gauche le bord supérieur et dans le sens du mouvement des cadrans horaires, de manière que chaque case porte un nombre infini de numéros formant une série arithmétique à différence égale au nombre des cases du cadre, ce déplacement s'obtient en plaçant les chiffres qui occupaient dans la position originale (fig. 1) les cases d'ordre 1, 2, 3... dans les cases d'ordre 1, $k+1$, $2k+1$...., où k représente le nombre des cases de chaque bord du cadre. Nous remarquons que ce déplacement fait conserver à la case d'un chiffre quelconque le numéro d'ordre par rapport au côté du cadre, mais qu'il déplace chaque chiffre de par autant de côtés du cadre comptés dans le sens déterminé que le numéro d'ordre des cases à partir de la case initiale moins un. Ainsi les chiffres contenus dans les cases dont le numéro d'ordre est 1, 5, 9... ne bougent pas; nous les avons représentés en noir (pl. II, fig. 2).

c). *Déplacement circulaire* des cadres, où tous les chiffres d'un même cadre s'avancent d'un nombre déterminé de cases dans le sens indiqué. Ce nombre est fourni par le tissu de fig. 3, où les cases grises et noires représentent les cases qui peuvent remplacer comme cases initiales la case gauche du bord supérieur. Ainsi la position de la fig. 4 a été obtenue en prenant comme cases initiales les cases noires de la fig. 3, ce qui exigeait seulement l'avancement d'une case des chiffres contenus dans les cadres dont le nombre k des cases des bords est représentable par $4m-1$.

d). *Inversion symétrique* des cadres, où deux côtés consécutifs de chaque

cadre sont renversés à l'exception de leurs chiffres terminaux. Dans sa forme la plus régulière elle ne porte que sur les quatre groupes triangulaires de cases noires (pl. II, fig. 4) qui échangent leurs places en tournant autour de la ligne et de la colonne centrale du carré (pl. II, fig. 5).

Par rapport à la démonstration, quelques indications suffiront. D'abord on voit que dans la position originale (fig. 1) la somme des chiffres contenus dans deux cases symétriques à l'égard de la case centrale est toujours égale au double du chiffre caractéristique de cette case centrale. Et tandis que cette propriété n'est pas affectée ni par le déplacement par série arithmétique ni par le déplacement circulaire, elle n'est que légèrement modifiée par l'inversion symétrique. En effet, cette inversion n'affectant pas les cases des diagonales maintient que les chiffres de deux cases d'une diagonale équidistantes de la case centrale fournissent une somme égale à deux fois le nombre caractéristique, tandis que pour les autres cases elle attribue cette même propriété à deux chiffres dont les cases font partie de deux côtés opposés d'un même cadre et sont symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe du cadre parallèle à ces deux côtés. Donc il est évident que le procédé sera vérifié aussitôt que l'on aura démontré que la somme des chiffres d'un côté d'un cadre quelconque de la position de la fig. 4 a la valeur désirée, c'est-à-dire autant de fois le nombre caractéristique que le côté du cadre en question contient de cases. Cette partie, qui forme la pièce de résistance de la démonstration, est trouvée sans peine au moyen de quelques principes généraux que nous exposerons tout de suite.

On revient de la position de la fig. 2 à la position originale de la fig. 1 pour les cadres dont l'ordre k peut être représenté par $4m-1$ par une répétition du déplacement par série arithmétique et pour les cadres dont l'ordre k peut être représenté par $4m+1$ par un nouveau déplacement par série arithmétique à différence $3k-2$ (ou $k-2$ dans le sens inverse). Pour les deux groupes de cadres, ce déplacement conserve donc à chaque chiffre le numéro d'ordre de la case dans le côté du cadre, mais il avance ou fait reculer chaque chiffre de par autant de côtés du cadre que le numéro d'ordre de cette case dans la position de la fig. 1 moins un, selon que $k=4m-1$ ou que $k=4m+1$.

Lemme. — Si nous désignons comme *quadruple complet* chaque combinaison de 4 chiffres d'un même cadre, qui dans la position originale de la fig. 1 sont distribués sur les quatre côtés de ce cadre et bien de manière que pour aucun de ces quatre côtés le chiffre correspondant du quadruple ne coïncide pas avec la case terminale de ce côté ; si, de plus, nous disons que le chiffre a est suivi par le chiffre b, quand dans le sens du mouvement le chiffre a d'un cadre quelconque précède, dans cette position originale, le chiffre b du même cadre, nous pouvons prétendre que le remplacement

des chiffres qui forment un quadruple complet par les chiffres suivants n'altère pas leur somme, les changements des deux chiffres d'un couple de côtés opposés supprimant l'un l'autre dans cette somme.

Théorème. La somme des chiffres contenus dans quatre cases consécutives d'un même côté d'un même cadre de la position de la fig. 2, est égale à la somme des quatre chiffres suivants, pourvu que toutes les quatre cases consécutives, qui contiennent ces chiffres suivants, fassent partie du côté suivant du même cadre ; ce qui arrive toujours quand les quatre cases données ne contiennent pas la case terminale du bord du cadre. En d'autres termes, les chiffres contenus dans les cases d'ordre $p, p+1, p+2, p+3$ (où $p < k-3$) d'un côté d'un cadre ont une somme égale à la somme des chiffres contenus dans les cases d'ordre $p+1$, $p+2$, $p+3$, $p+4$ du côté suivant.

Ce théorème est une conséquence du lemme. En effet, les chiffres contenus dans quatre cases consécutives d'un même côté parmi lesquelles ne se trouve pas la case terminale de ce côté, forment un quadruple complet suivant le lemme, et l'application de ce lemme à ce quadruple complet démontre le théorème.

A son tour le théorème démontre que le procédé communiqué doit mener à des carrés magiques à enceinte.

Occupons-nous d'abord des cadres d'ordre $k = 4m+1$. D'un des côtés choisi à volonté, mettons à part la case terminale et divisons les $4m$ cases restantes en m groupes de quatre cases consécutives. Si nous comparons chacun de ces m quadruples complets au quadruple des points suivants du côté suivant, nous trouvons que la somme des chiffres contenus dans les cases du premier côté moins la case terminale est égale à la somme des chiffres contenus dans les cases du côté suivant moins la case initiale; mais la case terminale du premier côté est précisément la case initiale du côté suivant, de manière que l'addition du chiffre de cet angle aux deux sommes égales démontre l'égalité de la somme des chiffres des deux côtés. Donc les quatre sommes des chiffres des côtés sont égales entre elles, et parce que la somme des chiffres de deux côtés opposés est évidemment $4m+1$ fois le double du nombre caractéristique, la somme des chiffres d'un seul côté est $4m+1$ fois le nombre caractéristique. De plus, le théorème démontre que cette somme ne change pas quand on fait avancer dans le sens déterminé tous les chiffres du cadre un nombre $4l$ de cases, ce qui justifie le tissu des cases initiales de la fig. 3 pour le cas de $k=4m+1$, etc.

Procédons à l'étude des cadres d'ordre $k=4m-1$, et considérons, pour fixer les idées, le cadre extérieur de la fig. 2. Remarquons que la somme des chiffres contenus dans les huit premières cases c'est-à-dire de 1, 22,... 34, est égale à la somme des chiffres 2, 33,... 23 ; de manière qu'il faut comparer entre elles la somme des chiffres contenus dans les trois dernières cases du bord supérieur et la somme des chiffres contenus dans la

case initiale et les deux dernières cases du côté droit, ou bien, en mettant de côté le chiffre de l'angle commun aux deux sommes, qu'il faut comparer la somme des chiffres des deux cases du bord supérieur qui précèdent la case terminale et la somme des chiffres des deux dernières cases du bord droit. Mais l'avant-dernier chiffre du bord supérieur (110) est moindre de $4m-1$ que le dernier chiffre du bord droit (121) et le chiffre précédent du bord supérieur (9) est moindre d'une unité que l'avant-dernier chiffre du bord droit (10), de manière que la somme des chiffres du bord supérieur est moindre de $4m$ que la somme des chiffres du bord droit. Faisons tourner maintenant tout le cadre d'une case, ce qui fait que la somme des chiffres du bord supérieur augmente d'une unité (111 étant remplacé par 112) et que la somme des chiffres du bord droit diminue de $4m-1$ (121 étant remplacé par 110), et les sommes des chiffres des deux bords sont devenues égales. Et parce qu'un tel raisonnement s'applique à chaque couple de côtés suivants pour tous les cadres d'ordre $4m-1$, le cadre extérieur de la fig. 2 n'ayant été choisi que pour faciliter les expressions, nous trouvons que l'on parvient à un carré magique à enceinte quand, à partir de la position de la fig. 2, on fait tourner tous les cadres d'ordre $4m-1$, d'une case et qu'on effectue sur cette nouvelle position donnée dans la fig. 4 l'inversion symétrique qui la transforme dans la position de la fig. 5. Et pour ce cas, le théorème justifie, en combinaison avec la faculté d'encadrer les différents cadres l'un autour de l'autre d'une manière tout à fait arbitraire, le tissu de la fig. 3 par rapport aux cadres d'ordre $4m-1$.

Le procédé que nous venons de communiquer nous a été confié par M. J. Dommisse, pasteur de l'Église réformée au village d'Aduard, près de Groningue. Nous y avons ajouté nous-même la loi des cases initiales déposée dans le tissu de la fig. 3 et la démonstration.

Nous remarquons que le procédé développé mène à un très grand nombre de solutions, d'abord par la multitude des cases initiales et ensuite par la faculté d'échanger deux chiffres non terminaux d'un même côté d'un cadre, à condition qu'on échange en même temps les deux chiffres du côté opposé qui sont logés dans des cases situées symétriquement des cases qui contiennent les deux chiffres donnés par rapport à l'axe du carré qui est parallèle aux deux côtés en question, par exemple la faculté d'échanger (fig. 5) les chiffres 119 et 34, pourvu que l'on échange en même temps les chiffres 3 et 88.

M. le Docteur V. SCHLEGEL

A Waren.

SUR LE SYSTÈME DE COORDONNÉES RÉCIPROQUE A CELUI DES COORDONNÉES POLAIRES

1. Dans la géométrie analytique du plan, l'emploi des coordonnées homogènes a augmenté de plus en plus. En effet, outre les autres avantages, la facilité avec laquelle s'effectue le passage des coordonnées de point à celles de ligne, donne à ces coordonnées une grande supériorité sur les autres. Néanmoins l'usage des anciennes coordonnées cartésiennes et polaires s'est conservé dans la discussion des courbes qui tirent l'origine de relations métriques. Et plusieurs géomètres ont établi des systèmes de coordonnées de ligne non homogènes pour la discussion des courbes qui naissent par le mouvement d'une droite. Mais personne n'a songé à chercher les systèmes précisément réciproques au système cartésien ou polaire. — Quant aux coordonnées de ligne analogues aux cartésiennes, MM. Unverzagt (Programme Wiesbaden, 1878) ; Casorati (Sur les coordonnées des points et des droites dans le plan. *Nouv. Ann.*, (2) XVII, 1878) ; d'Arcais (Sui sistemi di coordinate. *Battagl.*, G. XVI, 1878) ; Franklin (Bipunctal coordinates, *Americ. J.*, I, 1878) ; Schwering (Ueber ein besonderes Linien-Coordinatensystem. *Schloemilch Zeitschr.*, XXI, 1876) s'en sont occupés. Et j'ai démontré plus tard (Ueber das dem Cartesischen reciproke Coordinatensystem, *Schloemilch Zeitschr.*, XXIII, 1878) que le système de M. Schwering est vraiment le système réciproque à celui des coordonnées rectangulaires. — Quant aux coordonnées de ligne polaires, MM. Unverzagt (*l. c.*) et Weinmeister (Das System der polaren Liniencoordinaten in der Ebene, *Schloemilch Zeitschr.*, XXI, 1876) ont fait l'essai d'en établir des systèmes. Mais le système de M. Unverzagt n'offre qu'une faible analogie avec celui des coordonnées polaires, et celui de M. Weinmeister se restreint à remplacer le point déterminé par les coordonnées r et ϑ par la droite normale dans le bout de r.

Or, M. Schwering a rendu évident, dans un livre récemment publié (*Theorie und Anwendung der Liniencoordinaten*, Leipzig, 1884), que dans la discussion des courbes naissant par le mouvement d'une droite, le système réciproque au rectangulaire rend les mêmes services que ce dernier pour les courbes naissant par le mouvement d'un point. On en peut conclure qu'un système de coordonnées réciproques aux polaires offrira les

mêmes avantages en comparaison des coordonnées polaires ordinaires.

Dans ce qui suit j'établirai ce système réciproque (évidemment il n'en peut exister qu'un seul) et j'en démontrerai l'utilité par un exemple; puis je ferai voir les relations qui existent entre le dit système et ceux de MM. Weinmeister et Schwering; enfin j'étendrai les recherches concernant les coordonnées réciproques sur l'espace à n dimensions.

2. *Système de coordonnées (polaires) de point.*

Pour déterminer un point nous fixons l'axe polaire o et le pôle A situé sur o (fig. 25).

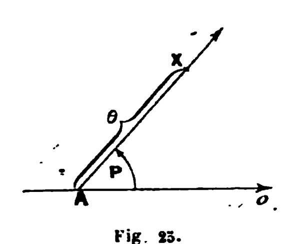


Fig. 25.

Soit X un point quelconque. Alors la distance ($XA = \theta$) des points X et A sur la droite r passant par X et A est la première coordonnée du point X.

L'angle des droites r et o (P) est la seconde coordonnée du point X.

Système de coordonnées (polaires) de ligne.

Pour déterminer une droite nous fixons le pôle O et l'axe polaire a passant par O (fig. 26).

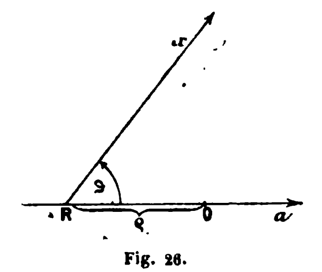


Fig. 26.

Soit x une droite quelconque. Alors l'angle ($xa = \vartheta$) des droites x et a qui se rencontrent au point R est la première coordonnée de la droite x.

La distance des points R et O (ρ) est la seconde coordonnée de la droite x.

On reconnaît immédiatement que les deux systèmes sont précisément réciproques l'un à l'autre. D'ailleurs, cela résulte aussi des suppositions spéciales suivantes.

Si le point X est situé sur o, on a $P = 0$.

Si les points X et A coïncident, on a $\theta = 0$.

Si la droite x passe par O, on a $\rho = 0$.

Si les droites x et a sont parallèles, on a $\vartheta = 0$.

3. Au lieu d'établir les équations du point, du cercle et des sections coniques à l'aide du nouveau système et de résoudre d'autres questions élémentaires, nous allons traiter, comme application, le problème suivant.

Soit donné un cercle (fig. 27) et la tangente au point A. De l'origine A deux points se meuvent avec des vitesses égales et constantes, l'un sur la périphérie, l'autre sur la tangente, de sorte qu'au moment du départ les directions de leurs mouvements soient les mêmes. Quelle est la courbe enveloppée par la droite joignant les deux mobiles?

Prenons pour pôle le centre (O) du cercle et pour axe polaire la droite OA. Alors, si les deux mobiles sont arrivés au même moment dans les points X et Y, les coordonnées de la droite XY sont $\angle XRO = \vartheta$ et $RO = \rho$. Si l'on pose en outre $OA = r$, $\angle YOA = \varphi$, et si OB est normale à XY, on a :

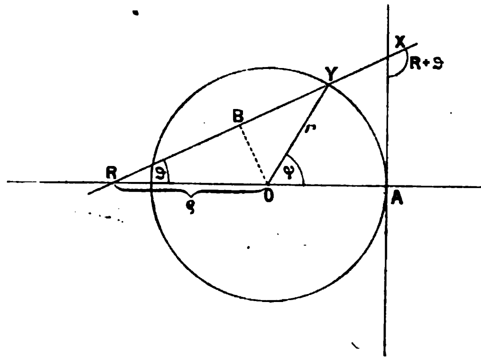


Fig. 27.

$$\frac{XA}{RA} = \frac{OB}{RB},$$

ou, en observant que AX doit être égale à l'arc AY :

$$(1) \qquad \frac{r\varphi}{r+\rho} = tg\,\vartheta\,.$$

Puis on a :

$$\cos BOY = \frac{OB}{OY},$$

ou

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + \vartheta - \varphi\right) = \frac{\rho \sin \vartheta}{r},$$

ou enfin

$$(2) \qquad \sin(\varphi - \vartheta) = \frac{\rho \sin \vartheta}{r},$$

d'où, en éliminant φ entre (1) et (2) :

$$(3) \qquad \frac{(r+\rho)\operatorname{tg}\vartheta}{r} = \vartheta + \operatorname{arc\,sin}\left(\frac{\rho \sin \vartheta}{r}\right),$$

ou

$$(4) \qquad \frac{\rho \sin \vartheta}{r} = \sin\left[\frac{(r+\rho)\operatorname{tg}\vartheta}{r} - \vartheta\right],$$

ce qui est l'équation de la courbe enveloppée par XY.

Si nous éliminons d'autre part $\frac{\rho}{r}$ entre (1) et (2), nous aurons :

$$(5) \qquad \operatorname{tg}\vartheta = \frac{\varphi - \sin \varphi}{1 - \cos \varphi}.$$

Enfin, par élimination de tg ϑ entre (1) et (5), on obtient :

$$(6) \qquad \frac{\rho}{r} = \frac{\sin \varphi - \varphi \cos \varphi}{\varphi - \sin \varphi}.$$

Les équations (5) et (6) ont la préférence sur (4) en donnant les variables ρ et ϑ exprimées explicitement par le paramètre φ. C'est pourquoi on les trouvera fort propres à la recherche des propriétés de la courbe représentée par l'équation (4).

4. Quant à ces propriétés, nous nous bornons à remarquer qu'il existe une relation étroite entre la courbe susdite et le problème de la rectification du cercle. En effet, la courbe étant donnée, la tangente passant par le point Y rencontre la tangente (AX) du cercle à un point X, de sorte que l'on ait $AX = AY$.

A cet égard il est encore important de rechercher le mouvement du point R sur l'axe OA. Car, supposé que R ne fasse qu'un très petit chemin pendant que φ croît de zéro jusqu'à environ $\frac{\pi}{2}$, on pourra rectifier, par approximation, tous les arcs du cercle compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, en fixant R à un propre lieu. Alors, pour rectifier l'arc AY, il suffira de mener une droite par R et Y qui déterminera sur la tangente le segment AX égal, à peu près, à l'arc AY.

Premièrement, pour obtenir la valeur de $\rho\,(=OR)$ pour $\varphi = 0$, nous allons faire usage de l'équation (6). En différenciant à plusieurs reprises, nous obtiendrons :

$$\frac{d^3(\sin\varphi - \varphi\cos\varphi)}{d\varphi^3} : \frac{d^3(\varphi - \sin\varphi)}{d\varphi^3} = \frac{2\cos\varphi - \varphi\sin\varphi}{\cos\varphi},$$

d'où

$$\lim\left(\frac{\rho}{r}\right)_{(\varphi=0)} = 2\cdot$$

Donc pour $\varphi = 0$ on a :

$$\rho = 2r.$$

(On voit facilement que, au point R, qui correspond à ces valeurs, la courbe a un point de rebroussement auquel appartient la tangente RA).

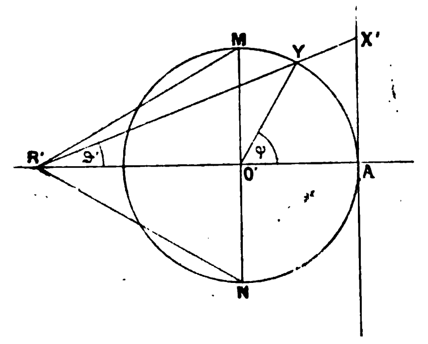


Fig. 28.

Pour déterminer deux autres valeurs correspondantes de ρ et φ, nous allons opérer *vice versa*, en fixant une valeur de ρ et cherchant la valeur correspondante de φ.

Or, j'ai démontré déjà ailleurs (*Schloemilch Zeitschr.*, XXII, p. 339. 1877) la relation suivante. Si l'on construit sur le diamètre MN normal à OA le triangle équilatéral

MNR′ (fig. 28) et si l'on pose :

$$< \mathrm{YOA} = \varphi, \quad < \mathrm{YR'A} = \vartheta'$$

(où Y est un point quelconque de l'arc AM), on a :

$$\operatorname{tg} \vartheta' = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi + \sqrt{3}}.$$

En outre, par élimination de l'arc φ entre les équations (5) et (6), on obtient :

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi + \frac{\rho}{r}}.$$

Donc, si l'on pose :

$$\rho = r\sqrt{3},$$

on aura :

$$\vartheta' = \vartheta.$$

Cherchons maintenant la valeur de φ correspondant à $\rho = r\sqrt{3}$.

En développant, dans l'équation (6), les fonctions sin φ et cos φ en séries, nous obtenons :

$$\frac{\rho}{r} = \frac{\left(\frac{1}{2!} - \frac{1}{3!}\right) - \varphi^2\left(\frac{1}{4!} - \frac{1}{5!}\right) + \varphi^4\left(\frac{1}{6!} - \frac{1}{7!}\right) - \cdots\cdots}{\frac{1}{3!} - \frac{\varphi^2}{5!} + \frac{\varphi^4}{7!} - \cdots\cdots}$$

$$= 2\frac{\frac{1}{3!} - \frac{2}{5!}\varphi^2 + \frac{3}{7!}\varphi^4 - \frac{4}{9!}\varphi^6 + \frac{5}{11!}\varphi^8 - \cdots\cdots}{\frac{1}{3!} - \frac{1}{5!}\varphi^2 + \frac{1}{7!}\varphi^4 - \frac{1}{9!}\varphi^6 + \frac{1}{11!}\varphi^8 - \cdots\cdots};$$

donc, en effectuant la division :

$$\frac{\rho}{r} = 2\left[1 - \frac{3!}{5!}\varphi^2 + 3!\left(\frac{2}{7!} - \frac{3!}{(5!)^2}\right)\varphi^4 - \cdots\cdots\right].$$

Alors, si l'on pose $\frac{\rho}{r} = \sqrt{3}$, en ne considérant que les deux premiers termes de la série, on obtient :

$$\varphi = \sqrt{20 - 10\sqrt{3}} = \frac{\pi}{2} \cdot 1{,}0415\ldots\ldots = 93^\circ 44{,}1'.$$

Donc, si φ croît de 0 jusqu'à 93°44,1′, la valeur de $\frac{\rho}{r}$ varie de 2 jusqu'à $\sqrt{3}$.

Dans le mémoire susdit j'ai dit que le point R' peut être employé pour résoudre les problèmes de rectification d'un arc quelconque du cercle, de division d'un angle quelconque en n parties égales, de construction d'un polygone régulier de n arêtes avec une exactitude suffisante pour la pratique.

La recherche précédente nous met en état de suivre les variations d'exactitude de ces constructions à mesure des variations de φ.

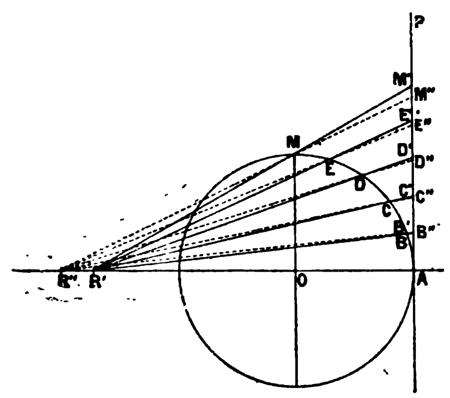


Fig. 29.

A cet effet, fixons sur l'arc AM (fig. 29) des points quelconques B, C, D, E, ... Y, ...; faisons $OR' = r\sqrt{3}$, $OR'' = 2r$, et menons les droites R'A, R'B, ..., R'Y, ... et R''A, R''B, ..., R''Y, ..., qui rencontrent la tangente AP aux points A, B', C', ..., Y', ... resp. A, B'', C'', ..., Y'', ... Alors le point X, qui limite sur la tangente un segment AX égal à l'arc AY, est toujours situé entre Y' et Y''. Les points X et Y' coïncident pour la valeur $\varphi = 93^o\,44{,}1'$. A mesure que φ décroît, le point X s'éloigne de Y' et s'approche de Y''. Mais le segment Y'Y'' décroissant pareillement, le défaut de construction dû au choix du point Y' est compris entre des limites de plus en plus étroites, jusqu'à ce que, pour $\varphi = 0$, les points X, Y', Y'' coïncident. Donc les méthodes approximatives fondées sur le point Y' sont en effet d'autant plus exactes que l'angle φ décroît.

5. Maintenant nous allons rechercher les relations qui existent entre les coordonnées employées ci-dessus et celles de MM. Weinmeister et Schwering.

M. Weinmeister prend pour coordonnées d'une droite RX (fig. 28) la distance $OB = \rho'$ entre cette droite et un point fixe O, en outre l'angle $BOA = \vartheta'$ formé par OB et un axe OA. Donc il existe entre ces coordonnées et les nôtres les relations :

$$\vartheta' = \frac{\pi}{2} + \vartheta; \quad \rho = \rho' \sin \vartheta,$$

ou :

$$\vartheta = \vartheta' - \frac{\pi}{2}; \quad \rho = \frac{-\rho'}{\cos \vartheta'}.$$

En introduisant ces valeurs dans l'équation (3), on donnerait à cette équation la forme :

$$\frac{\rho' - \rho \cos \vartheta'}{r \sin \vartheta'} = \vartheta' - \arccos \frac{\rho'}{r}.$$

Le système de M. Schwering se compose de deux axes parallèles MU et VN (fig. 30) et le segment $MN = 2r$, normal aux axes. Alors on a pour coordonnées d'une droite XY rencontrant les axes à U et V les segments

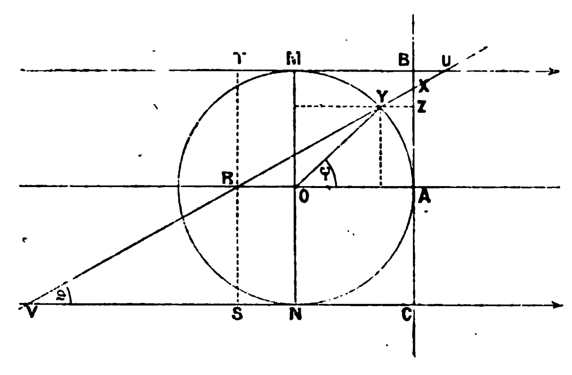


Fig. 30.

$MU = u$ et $NV = -v$. Entre ces coordonnées et les nôtres il y a les relations :

$$VS = RS.\cot \vartheta; \quad TU = RT \cot \vartheta,$$

ou:

$$-v = \rho + r \cot \vartheta: \quad u = r \cot \vartheta - \rho;$$

ou enfin :

$$\cot \vartheta = \frac{u-v}{2r}; \quad \rho = -\frac{u+v}{2}.$$

Au moyen de ces valeurs on peut donner à l'équation (3) la forme :

$$\frac{2r-(u+v)}{u-v} = \text{arc tg}\,\frac{2r}{u-v} - \text{arc sin}\,\frac{u+v}{\sqrt{(u-v)^2+4r^2}}$$

$$= \text{arc tg}\,\frac{2r}{u-v} - \text{arc tg}\,\frac{u+v}{2\sqrt{r^2-uv}}$$

$$= \text{arc tg}\,\frac{4r\sqrt{r^2-uv}-(u^2-v^2)}{2(u-v)\sqrt{r^2-uv}+2r(u+v)}$$

$$= \text{arc tg}\,\frac{(u+v)\sqrt{r^2-uv}-r(u-v)}{2uv}.$$

Pour obtenir cette équation à voie directe, il faut un procédé assez compliqué, mais néanmoins assez intéressant pour en communiquer du moins l'essentiel.

On a :

$$(1)\begin{cases} \operatorname{tg} \vartheta = \dfrac{XZ}{ZY} = \dfrac{r\varphi - r\sin\varphi}{r - r\cos\varphi} = \dfrac{\varphi - \sin\varphi}{1 - \cos\varphi}; \\ \operatorname{tg} \vartheta = \dfrac{BX}{BU} = \dfrac{r - r\varphi}{u - r}; \\ \operatorname{tg} \vartheta = \dfrac{CX}{CV} = \dfrac{r + r\varphi}{r - v}. \end{cases}$$

En éliminant d'abord $\operatorname{tg}\vartheta$, on obtient :

$$(2)\begin{cases} \dfrac{u - v}{2r} = \dfrac{1 - \cos\varphi}{\varphi - \sin\varphi}; \\ \dfrac{u + v}{2r} = \dfrac{\varphi\cos\varphi - \sin\varphi}{\varphi - \sin\varphi}. \end{cases}$$

En ajoutant :

$$\cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1$$

à ces équations, on peut déterminer φ, $\sin\varphi$, $\cos\varphi$ en fonction de u et v.

Si l'on pose encore pour abréger :

$$(3) \qquad \frac{u - v}{2r} = x; \quad \frac{u + v}{2r} = y,$$

on aura :

$$(4)\begin{cases} \varphi = \dfrac{1 - y}{x}; \\ \sin\varphi = \dfrac{-xy \pm \sqrt{x^2 - y^2 + 1}}{x^2 + 1}; \\ \cos\varphi = \dfrac{y \pm x\sqrt{x^2 - y^2 + 1}}{x^2 + 1}. \end{cases}$$

Pour obtenir l'équation de la courbe en u et en v, il faudrait éliminer φ entre les équations (2). Comme cela ne se peut pas, il faut différencier les équations (2) par rapport à φ, et substituer les valeurs (4). Alors par division des deux équations on obtiendra l'équation différentielle de la courbe contenant les coordonnées x et y ou, ce qui est la même chose, u et v.

On aura :

$$(5)\begin{cases} \dfrac{dy}{d\varphi} = \dfrac{-\varphi\sin\varphi}{\varphi - \sin\varphi} - xy, \\ \dfrac{dx}{d\varphi} = \dfrac{\sin\varphi}{\varphi - \sin\varphi} - x^2. \end{cases}$$

d'où :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-\varphi\sin\varphi - xy(\varphi - \sin\varphi)}{\sin\varphi - x^2(\varphi - \sin\varphi)} = \frac{x^2y + (x^2 + 1)(y^2 - 1) \mp x\sqrt{x^2 - y^2 + 1}}{x(x^2 + 1)(y + 1)}.$$

En écartant les dénominateurs et multipliant les deux membres de l'équation par $x-\sqrt{x^2-y^2+1}$ on obtient :

$$x(x^2+1)(x-\sqrt{x^2-y^2+1})dy=[x^2y-(x^2y+y-1)\sqrt{x^2-y^2+1}]dx,$$

ou :

$$(6)\left\{\begin{aligned}\frac{-xdy+(y-1)dx}{x^2}&=\frac{dx(xy-\sqrt{x^2-y^2+1})-dy(1+x^2)}{(1+x^2)\sqrt{x^2-y^2+1}}\\&=\frac{-dx}{1+x^2}-\frac{dy(1+x^2)-xydx}{(1+x^2)\sqrt{x^2-y^2+1}}.\end{aligned}\right.$$

Or, on a :

$$\int\frac{-xdy+(y-1)dx}{x^2}=\frac{1-y}{x};$$

$$\int\frac{-dx}{1+x^2}=\text{arc tg}\,\frac{1}{x}.$$

Quant à l'intégrale

$$\int\frac{dy(1+x^2)-xydx}{(1+x^2)\sqrt{x^2-y^2+1}},$$

on pose :

$$\sqrt{x^2-y^2+1}=z,$$

d'où

$$1+x^2=z^2+y^2,$$

et

$$xdx=zdz+ydy.$$

Par ces substitutions, l'intégrale en question se réduit :

$$\int\frac{zdy-ydz}{z^2+y^2}=\int\frac{zdy-ydz}{z^2\left(1+\frac{y^2}{z^2}\right)}=\text{arc tg}\,\frac{y}{z}$$

Donc, par intégration de l'équation (6), il suit :

$$(7)\qquad \frac{1-y}{x}=\text{arc tg}\,\frac{1}{x}-\text{arc tg}\,\frac{y}{\sqrt{x^2-y^2+1}}$$

la constante de l'intégration s'évanouissant. En remplaçant dans l'équation (7) x et y par leurs valeurs en u et v, on obtient :

$$(8) \qquad \frac{2r-(u+v)}{u-v} = \text{arc tg}\,\frac{2r}{u-v} - \text{arc tg}\,\frac{u+v}{2\sqrt{r^2-uv}},$$

ce qui est une des formes de l'équation trouvées plus haut.

6. *Les coordonnées cartésiennes dans l'espace à trois dimensions.*

Système des coordonnées de point.

Pour déterminer un point nous fixons trois plans (α, β, γ) passant par un point P et se rencontrant à trois droites a, b, c normales l'une à l'autre.

Trois droites infiniment éloignées u, v, w, appartenant resp. aux plans α, β, γ, sont situées dans le plan infiniment éloigné de l'espace.

Ces droites u, v, w se rencontrent deux à deux à trois points (uv, vw, wu), savoir aux points infiniment éloignés des droites a, b, c, et situés au plan infiniment éloigné de l'espace.

Soit X un point quelconque. On joint ce point avec les points uv, vw, wu, c'est-à-dire, on mène à travers ce point trois droites parallèles aux axes a, b, c. Ou, ce qui a le même effet, on construit les plans passant par le point X et les droites infiniment éloignées des plans α, β, γ.

Alors les distances entre ces plans passant par X et les plans α, β, γ sont les coordonnées du point X.

Les distances entre les droites infiniment éloignées u, v, w sont les angles des plans coordonnés α, β, γ.

Les trois plans coordonnés comprennent entre eux un coin dont la grandeur est mesurée au triangle sphérique égal à $\frac{1}{8}$ de la surface d'une sphère, savoir $\frac{\pi}{2}$.

Système des coordonnées de plan.

Pour déterminer un plan nous fixons trois points (A, B, Γ) situés dans un plan π et formant un triangle dont les arêtes sont a, b, c.

Trois droites parallèles u, v, w passant resp. par les points A, B, Γ (et normales au plan π) se rencontrent à un point infiniment éloigné.

Ces droites u, v, w sont situées deux à deux à trois plans (uv, vw, wu) contenant resp. les droites a, b, c, et passant par le même point infiniment éloigné.

Soit ξ un plan quelconque qui rencontre les plans uv, vw, wu suivant trois droites, et détermine avec les droites parallèles passant par les points A, B, Γ trois points d'intersection.

Alors les distances entre ces points d'intersection et les points A, B, Γ sont les coordonnées du plan ξ.

Les distances entre les droites parallèles u, v, w sont de même les distances des points coordonnés A, B, Γ.

Les trois points coordonnés comprennent entre eux un triangle plan.

Remarques. — Le segment de droite compris entre les deux points originaux du système de M. Schwering est remplacé au système des coordonnées de plan par le triangle ABΓ.

Trois droites parallèles sont réciproques à trois droites infiniment éloignées, comme les unes passent par un point infiniment éloigné tandis que les autres sont situées dans le plan infiniment éloigné de l'espace.

Au plan, l'angle droit $\left(=\frac{\pi}{2}\right)$ des deux axes du système cartésien et la distance des deux points originaux du système réciproque correspondent entre eux. A l'espace il y a un fait analogue à ce que nous venons de voir. (Voir sur cette analogie mon mémoire : Theorie der homogen zusammengesetzten Raumgebilde (*Nova Acta d. Kaiserl. Leop. Carol. Acad.*, vol. XLIV, nr. 4, p. 48).

7. *Les coordonnées polaires dans l'espace à trois dimensions.*

Système des coordonnées de point.

Pour déterminer un point X nous fixons un plan α, une droite m située dans α, un point P situé sur m (fig. 31).

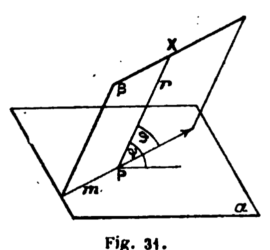


Fig. 31.

Alors les coordonnées de X sont : 1° la distance r des points X et P, 2° l'angle ϑ compris entre m et la droite PX passant par les points P et X, 3° l'angle φ compris entre le plan α et le plan β passant par les droites PX et m.

Système des coordonnées de plan.

Pour déterminer un plan ξ nous fixons un point A, une droite m passant par A, un plan π passant par m (fig. 32).

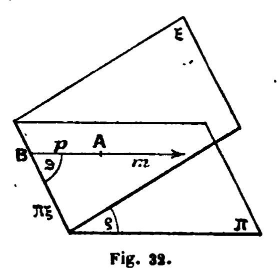


Fig. 32.

Alors les coordonnées de ξ sont : 1° l'angle ρ des plans ξ et π, 2° l'angle ϑ compris entre m et la droite $\pi\xi$ suivant laquelle se rencontrent les plans π et ξ, 3° la distance p entre le point A et B, point d'intersection des droites $\pi\xi$ et m.

Soit donné un système de coordonnées ordinaires, cartésiennes ou polaires) en espace. Supposons que le point X soit situé dans un plan coordonné (xy ou α), alors une coordonnée s'annulera (z ou φ), et il reste au point les mêmes coordonnées (x, y ou r, ϑ) qu'il aurait au plan. En effet, par cette supposition, le point X est déplacé pour notre observation hors de l'espace et dans le plan. — Supposons réciproquement que le plan ξ passe par le point coordonné A ; alors il est joint à ce point de même qu'auparavant le point X au plan α. Mais il est impossible de renoncer à l'observation au dedans de l'espace, parce que le point n'offre pas d'étendue.

Par conséquent, cette supposition ne suffit pas pour changer les coor-

données à l'espace en celles au plan, et l'analogie est imparfaite à cet égard.

Si l'on veut obtenir les coordonnées réciproques au plan comme cas spéciaux des coordonnées à l'espace, il faut, au cas des coordonnées cartésiennes, omettre une droite, par exemple, w, et déterminer au lieu du plan ξ son intersection avec le plan uv.

Au cas des coordonnées polaires, il faut omettre la coordonnée ρ et déterminer au lieu du plan ξ son intersection avec le plan π.

8. *Les coordonnées réciproques dans l'espace à* n *dimensions.*

Les considérations précédentes s'étendent facilement aux espaces à plus de trois dimensions. Dans ce qui suit nous désignerons un espace (une variété) à r dimensions par M_r.

Le ***système cartésien*** à l'espace à n dimensions est formé par n variétés M_{n-1}, normales l'une à l'autre. Ces M_{n-1} se rencontrent deux à deux suivant une M_{n-2}, ces dernières trois à trois suivant une M_{n-3}, généralement : les M_{n-r+1} se rencontrent r à r suivant une M_{n-r}. Le nombre des M_r comprises au système est $(n)^{(n-r)}$. Les n coordonnées d'un point sont ses distances normales des M_{n-1}. — Par exemple, dans l'espace à quatre dimensions, le système se compose de quatre espaces à trois dimensions (1, 2, 3, 4), normaux l'un à l'autre. Ceux-ci se rencontrent suivant les six plans 12, 13, 14, 23, 24, 34. Il arrive quatre fois que trois de ces plans passent par la même droite.

Savoir les plans	(12, 13, 14)	passent par la droite	(234);
»	(23, 24, 21)	»	(341);
»	(31, 32, 34)	»	(124);
»	(41, 42, 43)	»	(123).

Enfin les quatre droites 123, 234, 341, 124 passent par le même point (1234).

Le ***système réciproque cartésien*** se fonde sur un corps à $(n-1)$ dimensions limité de $n\,M_{n-2}$ et possédant n sommets. (Ce corps est le terme général de la série « segment linéaire », « triangle », « tétraèdre », « pentaédroïde », etc. Voir mon mémoire : « Quelques théorèmes de géométrie à n dimensions », *Bulletin de la Société math. de France*, t. X, p. 174.) Par chacune des $n\,M_{n-2}$ limitant ce corps on fait passer une M_{n-1} normale à la variété M_{n-1} dont le corps supposé fait partie.

Les M_{n-1} se rencontrent deux à deux suivant une M_{n-2}, dont le nombre est $(n)^{(2)}$. Les M_{n-2} se rencontrent trois à trois suivant une M_{n-3}; généralement : les M_{n-r+1} se rencontrent r à r suivant une M_{n-r}. Le nombre

des M_r est $(n)^{(n-r)}$. La variété M_0 est toujours un point infiniment éloigné. Les n coordonnées d'une M_{n-1} sont les distances entre ses points d'intersection avec les n droites M_1 et les n sommets du corps supposé. — Dans l'espace à quatre dimensions, la base du système est un tétraèdre. Par chacune des quatre faces passe un espace à trois dimensions, normal à celui dont le tétraèdre fait partie. Les espaces se rencontrent deux à deux suivant un plan, et ces plans trois à trois suivant une droite. Enfin toutes les quatre droites sont parallèles. — En général, étant donné un système cartésien ordinaire, on en peut déduire le système réciproque par les changements suivants. D'abord il faut lever la condition que les $n\,M_{n-1}$ soient normales entre elles. Puis on déplacera le point M_0, commun à toutes les M, à l'infini. Enfin on établira une M_{n-1} normales aux n autres M_{n-1}. Alors ces dernières découpent de la M_{n-1} que nous venons de construire un corps à $(n-1)$ dimensions, limité de $n\,M_{n-2}$, qui sert de base au nouveau système.

Le *système polaire* exige une série de variétés M_{n-1}, M_{n-2}, ... M_1, M_0, dont chaque suivante est située dans la précédente. Les n coordonnées d'un point X sont : 1° sa distance du point M_0; 2° l'angle compris entre la droite $XM_0(=P_1)$ et la droite M_1; 3° l'angle compris entre le plan $P_1M_1=P_2$ contenant les droites P_1 et M_1 et le plan M_2; 4° l'angle compris entre l'espace $P_2M_2(=P_3)$ contenant les plans P_2 et M_2 et l'espace M_3, etc.

Le *système réciproque polaire* se compose d'une série de variétés M_0, M_1, M_2, ..., M_{n-1}, dont chaque précédente est située dans la suivante. Les n coordonnées d'une M_{n-1} que nous désignons par ξ sont : 1° l'angle compris entre ξ et M_{n-1}. Supposons que ξ et M_{n-1} se rencontrent suivant P_{n-2}, alors la deuxième coordonnée est l'angle compris entre P_{n-2} et M_{n-2}, etc. Enfin si les droites P_1 et M_1 se rencontrent au point P_0, la dernière coordonnée est la distance des points P_0 et M_0.

M. P.-H. SCHOUTE

Professeur à l'Université de Groningue.

SUR LA CONSTRUCTION DES CUBIQUES UNICURSALES

1. Comme nous l'avons démontré dans un travail antérieur (*), il y a deux espèces différentes de transformations quadratiques involutives : l'involution quadratique régulière et l'involution quadratique irrégulière. La première est la correspondance des points P et P′ conjugués par rapport aux coniques d'un faisceau donné, la seconde est la correspondance des points P et P′ (fig. 33) en ligne droite avec un point fixe C, conjugués l'un à l'autre par rapport à une conique donnée.

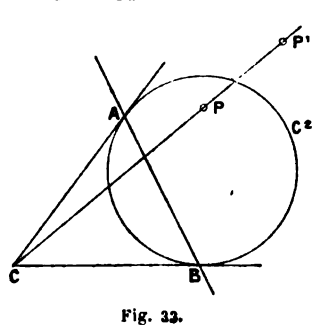


Fig. 33.

Dans le travail cité, nous avons détaillé le cas particulier de l'involution quadratique régulière, qui se présente aussitôt que deux des quatre points de base du faisceau donné coïncident. Cela nous a facilité l'étude d'un cas remarquable d'une transformation quadratique non involutive, la transformation de Mac Laurin, qui forme la base des constructions par points et tangentes des courbes du troisième ordre déduites d'une circonférence de cercle. A présent nous nous occuperons d'un cas particulier de l'involution quadratique irrégulière, qui forme le pendant du cas particulier de l'involution quadratique régulière par rapport à la position des trois points fondamentaux.

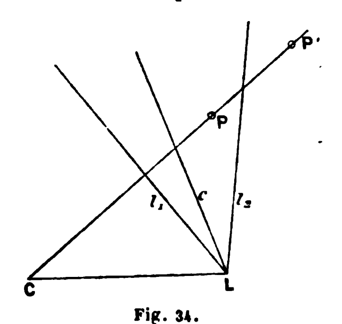


Fig. 34.

2. Le cas particulier en question de l'involution quadratique irrégulière se présente quand la conique C^2 (fig. 33), qui domine cette transformation, dégénère en deux droites l_1 et l_2 (fig. 34). Dans ce cas, des trois points fondamentaux les points A et B (fig. 33) du cas général coïncident avec le point d'intersection L (fig. 34) des droites l_1 et l_2 dans la direction de la polaire c

(*) Sur la construction des courbes unicursales par points et tangentes (*Archives Néerlandaises*, XX 1885).

du centre fixe C par rapport à l_1 et l_2; de manière que la courbe correspondante d'une droite quelconque est une conique par C qui touche c en L, et que la courbe correspondante d'une conique quelconque est une courbe du quatrième ordre à un point double C et à deux branches par L qui se touchent suivant c. Par rapport à ces deux branches il faut distinguer trois cas : ou bien elles se prolongent toutes les deux aux deux côtés de L, ou bien elles sont imaginaires aux deux côtés de L, ou bien elles sont seulement réelles à l'un des côtés de L, mais alors situées du même côté de la tangente commune c (point de rebroussement de seconde espèce), selon que la conique donnée coupe CL en deux points réels, en deux points imaginaires ou en deux points coïncidants, etc. (*).

Un cas spécial de cette transformation a été étudié principalement d'une manière analytique par M. G. de Longchamps (**), le cas où l_1 et l_2 sont les droites isotropes qui passent par un point donné L, de manière que la conique C^2 est le cercle qui s'est réduit à son centre L et que la transformation est la correspondance des points P et P′ en ligne droite avec le point fixe C, qui sont vus du point fixe L sous un angle droit PLP′.

Une autre spécialisation remarquable du cas particulier de l'involution quadratique irrégulière se présente quand on rejette l_2 à l'infini. Dans ce cas la transformation est la correspondance des points P et P′ d'une même droite par C (fig. 35), qui sont équidistants d'une droite donnée l_1. Mais c'est précisément cette transformation, qui forme la base de la construction des cubiques circulaires unicursales, communiquée ici même par M. G. de Longchamps. Car si la parallèle Δ à l_1 a été choisie de manière que l_1 divise en deux parties égales les droites limitées qui vont de C à un point quelconque Q de Δ, l'égalité PM = MP′ comporte l'égalité CP′ = PQ, etc. (***).

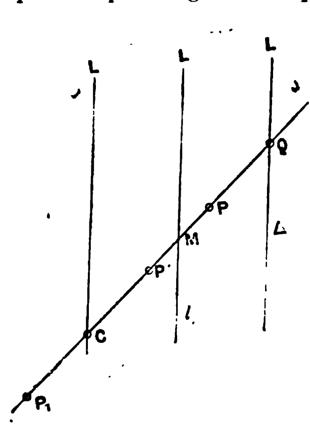


Fig. 35.

La considération précédente est la source d'une démonstration tout à fait géométrique des résultats intéressants obtenus par M. G. de Longchamps dans ses différentes études sur les conchoïdales (****). Car l'application des lois simples de l'involution quadratique irrégulière sur les différents cas particuliers mène immédiatement à la connaissance de l'ordre et des

(*) *Loc. cit.* art. 3, p. 81. A la ligne 13, « la droite AB′ » doit être remplacée par « la droite AC ou BC′. »

(**) Etude sur une transformation réciproque (*Journal de mathématiques spéciales*, 1882, p. 49).

(***) Quand M. de Longchamps se sert de l'égalité $P_1C = PQ$, la transformation en question $P'M = MP$ est combinée à la symétrie par rapport au point C.

(****) Sur les conchoïdales (*Nouvelle Correspondance mathématique*, t. V, mai 1879).

propriétés caractéristiques des courbes, qui correspondent à des courbes données. A titre d'exemple, nous ferons voir comment cette considération justifie la construction des cubiques unicursales circulaires et démontre que toutes les cubiques unicursales circulaires admettent sans exception à être envisagées comme des conchoïdales relativement à un cercle et à une droite (*).

3. A un cercle quelconque correspond, comme nous l'avons vu, une courbe du quatrième ordre C^4 à un point double C et à deux branches par L, qui se touchent suivant c (fig. 34), c'est-à-dire suivant Δ (fig. 35). Comme la conique principale C^2 du cas général (fig. 33) est évidemment le lieu des points qui correspondent à eux-mêmes, la courbe C^4 passe par les points d'intersection du cercle donné et des droites l_1 et l_2 (fig. 35) dont la dernière est située à l'infini ; elle passe donc une fois par les points cycliques. De plus, Δ étant la droite fondamentale du point fondamental C, les droites qui joignent le point C aux deux points d'intersection de C^2 et de Δ sont les tangentes de C^4 au point double C, etc.

Mais quand le cercle donné passe par C, la droite fondamentale Δ de C se détache comme partie impropre de la courbe correspondante C^4 ; de manière que dans ce cas la partie essentielle de cette courbe est une cubique circulaire à point double C, dont Δ est l'asymptote réelle, etc.

Réciproquement chaque cubique circulaire unicursale admet une asymptote réelle Δ et un point double C. Et il est évident que l'application de la transformation indiquée, dont C est un des points fondamentaux et Δ la droite de jonction des deux autres rejetés à l'infini, change cette courbe en un cercle par C. En effet, la courbe correspondante de notre C^3 est une courbe du sixième ordre à point triple C et à trois branches par le point infiniment éloigné L de Δ, qui se touchent suivant cette droite. Mais cette courbe contient comme parties impropres la droite Δ comptée deux fois parce que C^3 passe deux fois par C et la droite CL par C parallèle à Δ comptée deux fois parce que C^3 passe par les deux points fondamentaux coïncidés en L suivant la droite Δ ; ainsi la partie essentielle de la courbe, qui correspond à C^3, est une conique qui passe par C et par les points cycliques, c'est-à-dire un cercle par C.

4. Dans le travail cité nous avons développé la transformation de Mac Laurin, qui est déterminée par trois points centraux A, B, C et une directrice f. Un cas très spécial de cette transformation, étudiée par M. Godefroy, nous a mené à une construction générale des cubiques unicursales circulaires au moyen d'un cercle. Et, après tout, la construction que M. de Longchamps vient de communiquer n'est qu'une légère modification de

(*) La transformation donnée ne permet pas d'aborder la construction de la lemniscate de Bernouilli, cette courbe n'étant pas une conchoïdale par rapport à une droite et un cercle, mais par rapport à deux cercles coïncidés et encore d'une manière artificielle. (On peut comparer « Sur les conchoïdales », *loc. cit.*)

notre construction. En effet, la transformation générale de Mac Laurin, c'est la correspondance non involutive des points P et P' (fig. 36) sur une droite par C, pour lesquels les droites P'A et PB se rencontrent sur la directrice f et dans cette transformation chacun des trois points centraux A, B, C joue son rôle particulier. Supposons que le point C se trouve sur la directrice f et que cette droite, qui porte le point C, soit rejetée à l'infini. Alors

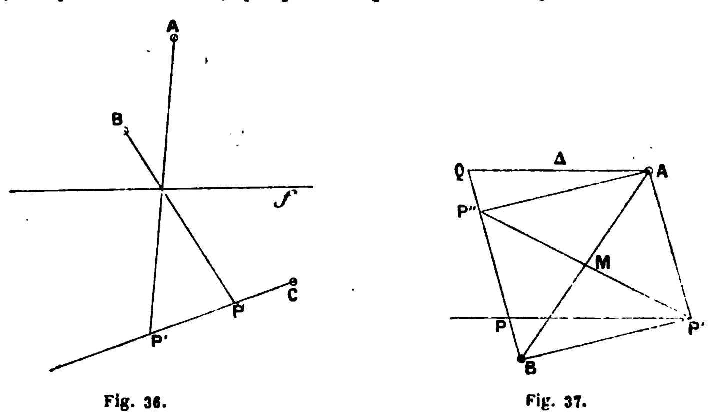


Fig. 36. Fig. 37.

nous trouvons que la transformation est la correspondance des points P et P' (fig. 37) situés de telle manière sur des droites de direction constante, que les droites AP' et BP sont parallèles. Mais si l'on remplace chaque point P' par le point P'', symétrique de P' par rapport au milieu M de AB, ce point P'' de BP est déterminé par la condition P''Q = BP, où Q est le point d'intersection de BP et de la droite fixe Δ menée par A dans la direction constante des droites PP'. Ce qui prouve qu'il existe un lien intime entre la transformation simplifiée de Mac Laurin et la transformation conchoïdale de M. de Longchamps, qui forme un cas particulier de l'involution quadratique irrégulière, les deux courbes décrites par P' et P'' qui correspondent à une même courbe décrite par P étant symétriques l'une de l'autre par rapport au milieu M du segment AB.

5. Nous nous dépêchons à prévenir un malentendu. Peut-être notre indication du rapport intime des deux déductions de la cubique unicursale circulaire d'un cercle fait semblant d'une revendication de priorité. Nous déclarons que la question de priorité par rapport à un sujet si spécial que le nôtre ne nous intéresse pas. Au contraire, nous sommes heureux que des recherches analogues et indépendantes les unes des autres nous ont fait faire la connaissance de l'auteur de la *Géométrie de la règle* et nous espérons lui témoigner notre estime en adaptant sa méthode à la construction des cubiques unicursales les plus générales. Mais, avant de procéder à ce point principal de notre communication, nous consacrons encore un mot à la comparaison des constructions de la tangente en un point donné à la cubique unicursale circulaire.

Pour la conchoïdale de la courbe donnée C (fig. 38) et de la droite Δ par rapport au point B comme centre des rayons vecteurs, on obtient la tangente au point P″, qui correspond au point P de C, d'après la construction élégante de M. de Longchamps, au moyen de la tangente PR de C en P par l'égalité SQ=QR. La tangente à la courbe, qui correspond à C dans le cas simple en question de la transformation de Mac Laurin, au point P′ qui correspond au même point P, s'obtient au moyen de la même tangente PT de C par l'union de P′ et du point d'intersection T de cette tangente et de la parallèle à AP′ et BP menée par le point d'intersection U de AB et de PP′. Comme les courbes décrites par les points P′ et P″ sont symétriques l'une de l'autre par rapport au point M, les tangentes trouvées P″S et P′T doivent être parallèles. Et, en effet, les relations $\frac{RQ}{PQ}=\frac{PU}{TU}$ et $\frac{PB}{PU}=\frac{P'A}{P'U}$ comportent la relation $\frac{QR}{PB}=\frac{P'U}{TU}$ ou $\frac{SQ}{QP''}=\frac{P'U}{TU}$, etc.

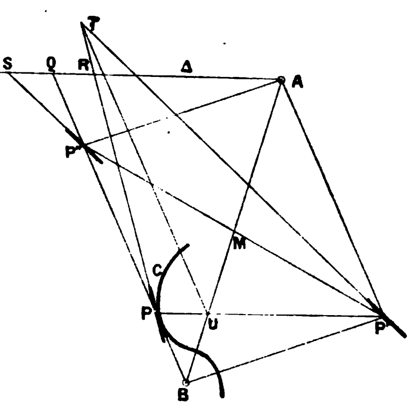


Fig. 38.

A notre avis, chacune des deux constructions, dont nous venons d'indiquer la parenté intime, a des avantages qui lui sont propres. D'abord l'explication de la construction des points et tangentes donnée par M. de Longchamps est d'une simplicité charmante, tandis qu'il coûte quelque peine à dégager le cas simple de la transformation de Mac Laurin du cas général, surtout quant à la construction de la tangente. Mais, d'un autre côté, cette origine plus générale de la construction que nous avons publiée, il y a quelques mois, nous permet de déduire d'un cercle des cubiques unicursales non circulaires comme le folium de Descartes, courbe revêche à la méthode de M. de Longchamps. Et il est curieux de voir comment la méthode Godefroy fait trouver les tangentes aux points correspondants P_c, P_s, P_t (fig. 39) de la cissoïde, de la strophoïde et de la trisectrice (*) au moyen d'un même point U. (**)

(*) Par rapport à la trisectrice on peut comparer l'article 4 de notre travail « Sur les courbes ›ctrices » (*Journal de mathématiques spéciales*, 1885).

(**) Voir *Archives Néerlandaises*, loc. cit.

Nous remarquons que B_s est le centre du cercle et que B_t est le milieu de CB_s. De plus, les iroites B_iP_i $(i = c, s, t)$ sont parallèles à CP et P_sU et le lieu du point U est un limaçon de Pascal point de rebroussement.

6. Soient donnés dans un plan (fig. 40) un cercle Γ, une droite Δ et deux points fixes C et O, dont le premier se trouve sur Γ et le second n'est pas situé ni sur Δ, ni à distance infinie, ni en C. Déterminons le point P', qui

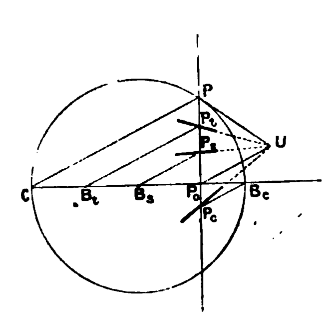


Fig. 39.

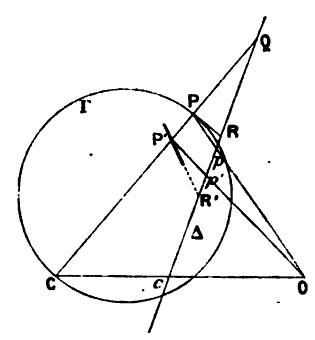


Fig. 40.

correspond au point P de Γ, non plus par l'égalité des segments CP' et PQ, comme l'a fait M. de Longchamps, mais par l'égalité des projections centrales cp' et pQ de ces segments sur Δ, O étant le centre de projection, et cherchons l'influence de cette légère modification de la construction de M. de Longchamps sur le caractère de la courbe, qui correspond au cercle Γ. D'abord il est évident que cette courbe est encore une cubique à point double C; car le point P' coïncide deux fois avec C, parce que le cercle Γ contient deux points P situés sur Δ et chaque rayon vecteur par C contient un seul point P', qui ne coïncide pas avec C. Mais la recherche des points de la transformation, qui correspondent à eux-mêmes, nous apprendra bientôt que cette cubique ne passe plus par les points cycliques et que sous ce rapport elle est donc une cubique unicursale quelconque.

Mais, en premier lieu, nous remarquons que la construction de la tangente P'R' à la cubique au point P' se trouve encore, au moyen de la tangente PR au cercle dans le point correspondant P par l'égalité des segments QR' et RQ sur Δ. Cela se démontre sans peine quand on observe que la relation

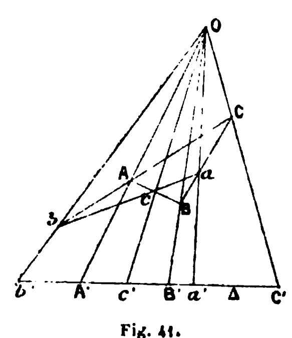


Fig. 41.

$$\frac{Ba}{Ca}\cdot\frac{Cb}{Ab}\cdot\frac{Ac}{Bc}=1,$$

qui, suivant le théorème de Ménélaus, exprime que les trois points a, b, c (fig. 41) sur les côtés BC, CA, AB d'un triangle ABC sont en ligne droite, rentre dans une classe très étendue de relations projectives indiquée par Poncelet (*); de sorte que les projections a', b', c' et A', B', C' des points a, b, c et A, B, C sur Δ et par rapport au point O comme

(*) *Traité des propriétés projectives des figures*, 2e édition, t. Ier, art. 20.

centre de projection sont liées entre elles par la relation analogue et que réciproquement cette relation analogue exprime que les trois points a, b, c, situés sur les côtés BC, CA, AB du triangle ABC, sont en ligne droite. Car, si après avoir projeté les points a, b, c et A, B, C en a', b', c' et A', B', C' on détermine sur Δ les points $\alpha' \beta' \gamma'$, qui renversent les deux segments de la projection du côté correspondant (de sorte que $B'\alpha' = a'C'$, etc.) et que l'on remonte aux points α, β, γ des côtés BC, CA, AB, dont α', β', γ' sont les projections, ces points α, β, γ seront évidemment en ligne droite. En effet, les points a, b, c étant en ligne droite, on a la relation donnée plus haut, qui à son tour mène d'abord à la relation analogue, ensuite à la relation entre les segments renversés et enfin à la relation entre les segments déterminés sur BC, CA, AB par α, β, γ, etc. Et l'application de ce résultat au triangle, dont C (fig. 40) est un des sommets, Δ le côté opposé et CQ la droite de coïncidence des deux autres côtés, ce triangle étant coupé par la transversale PR, justifie la construction de la tangente.

7. Sur un rayon vecteur CQ quelconque (fig. 42) on trouve un point P, qui correspond à soi-même, comme point d'intersection avec la droite OP par O, qui passe par le milieu p de cQ. Les ponctuelles Q et p sur Δ étant projectives, les faisceaux de rayons CQ et Op sont projectifs; mais le point c étant un point double des ponctuelles Q et p sur Δ, la droite de jonction des centres des deux faisceaux de rayons C et O correspond à elle-même, de sorte que ces deux faisceaux sont perspectifs et que le lieu du point P est une droite. De plus, cette droite l_1 est parallèle à Δ, car si Q s'éloigne infiniment, p est également à distance infinie, etc.

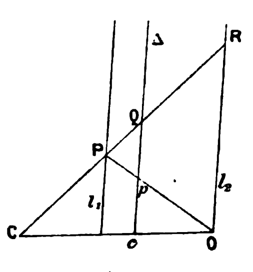


Fig. 42.

Mais on aurait tort de croire que le lieu l_1 du point P forme à lui seul le lieu entier des points qui correspondent à eux-mêmes. Car évidemment le point d'intersection R du rayon quelconque CQ et de la parallèle l_2 à Δ par O correspond aussi à soi-même. Donc le lieu des points qui correspondent à eux-mêmes se compose des deux parallèles l_1 et l_2 à Δ.

Les couples de points correspondants situés sur le rayon CQ forment une involution quadratique dont P et R sont les points doubles. Cela prouve que la transformation est la correspondance des couples de points en ligne droite avec C et conjugués par rapport à la conique dégénérée en deux droites parallèles. Donc la transformation est encore le cas particulier de l'involution quadratique irrégulière, qui se présente quand la conique principale dégénère en deux droites. Les points fondamentaux de cette transformation sont le point C et deux points qui coïncident avec le point infini de Δ.

Quand C, O et Δ sont donnés, la droite l_2 est la parallèle par O à Δ, et l_1 est

la droite séparée harmoniquement de l_2 par C et Δ, Δ étant la droite fondamentale de C, c'est-à-dire la polaire de C par rapport aux droites l_1 et l_2. Cela prouve qu'un déplacement du point O le long de la droite l_2 ou une transportation de ce point en un point quelconque de l_1 n'affecte pas la transformation.

8. Suivant les lois simples de la transformation quadratique, la courbe qui correspond à un cercle Γ quelconque passant par C est une cubique à point double C, qui passe par les points d'intersection de Γ et de la conique composée des deux droites l_1 et l_2. Cette cubique, dont Δ est une des asymptotes, ne passe pas par les points cycliques. Car aux points de la droite l_∞ à l'infini correspondent les points de la droite l_3 qui est à égale distance de l_1 et de l_2; de manière que les points cycliques de Γ correspondent aux points d'intersection de l_3 et des droites isotropes passant par C, etc.

Ce qui précède nous fait connaître les tangentes au point double C de la cubique unicursale, qui correspond au cercle Γ par C, les trois asymptotes, ses points d'intersection avec l_1 et l_2 et enfin autant de points et de tangentes qu'on voudra. Il nous reste encore à examiner si toute cubique unicursale sans exception peut être engendrée de la manière indiquée.

Supposons que la cubique donnée soit déterminée par le point double C, les tangentes c_1 et c_2 en ce point double, l'asymptote Δ et la direction des deux autres asymptotes. Si cette courbe admet la déduction d'un cercle, ce cercle Γ doit passer par C et par les deux points d'intersection de Δ et des tangentes c_1 et c_2. Donc, la condition que la cubique puisse être déduite d'un cercle, c'est-à-dire du cercle Γ, c'est que les droites par C parallèles aux deux autres asymptotes coupent Γ en deux points situés sur une parallèle à Δ, la droite l_3 équidistante de l_1 et l_2. Mais, en général, cette condition n'est pas remplie. Donc la construction modifiée de M. de Longchamps ne saurait mener qu'à une classe restreinte de cubiques unicursales non circulaires.

A cette classe restreinte de cubiques unicursales non circulaires, dont il est question, appartiennent les cubiques unicursales, qui admettent un axe de symétrie, parce que pour ces courbes la condition que nous venons de trouver est remplie, quand on choisit pour Δ l'asymptote perpendiculaire à cet axe. Comme exemple, nous proposons au lecteur la construction du folium de Descartes.

En continuant, nous pourrions poser la question si la cubique unicursale la plus générale ne puisse être déduite d'un cercle au moyen de l'involution quadratique irrégulière à deux points fondamentaux coïncidants. Mais nous n'abordons pas cette question par trois motifs différents. D'abord, probablement la réponse ne se ferait trouver que par l'analyse; ensuite la correspondance des points P et P' en ligne droite avec C, qui sont conjugués par rapport à la conique composée de deux

droites non parallèles, ne permet pas une traduction dans le langage géométrique de M. de Longchamps qui soit assez simple dans la pratique, et enfin et principalement une deuxième légère modification de la correspondance, dont nous nous sommes servi, mène à une construction simple de la cubique unicursale la plus générale, où la courbe correspond point par point à une droite donnée.

9. La deuxième modification que nous apportons à la construction originale consiste simplement dans le remplacement du point d'intersection c de Δ et de CO par un point quelconque D (fig. 43) de Δ; de sorte que la transformation devient la correspondance des points P et P' en ligne droite avec C, dont les projections centrales p et p' sur Δ et du centre de projection O vérifient la relation $Dp = p'Q$, où Q est toujours le point commun à Δ et au rayon vecteur par C. Nous verrons que ce léger changement nous fait quitter le domaine de l'involution quadratique irrégulière.

Le rayon vecteur quelconque CQ contient deux points qui correspondent à eux-mêmes sans coïncider avec C : le point R, qui se trouve sur la parallèle λ à Δ menée par O, et le point S, dont la projection centrale s est le milieu du segment DQ de Δ. Donc nous trouvons, de la manière indiquée à l'article 7, que le lieu cherché se compose de deux parties : de la droite λ, qui est le lieu des points R, et d'une conique, qui est le lieu des points S. Cette conique est une hyperbole H^2, qui passe par C, D, O, et dont l'une des asymptotes est parallèle à Δ et l'autre à la droite qui joint O au milieu de CD. Ainsi la transformation est la correspondance des points P et P' en ligne droite avec C, qui sont conjugués harmoniquement aux deux points R et S, qui forment avec C les trois points d'intersection des rayons vecteurs CQ et de la cubique composée de H^2 et de λ.

L'ordre de la transformation, c'est-à-dire l'ordre de la courbe qui correspond à une droite quelconque l du plan, surpasse d'une unité l'ordre de multiplicité du point C sur cette dernière courbe. Car l coupant CQ en un seul point P, la courbe correspondante contiendra un seul point P' de CQ qui ne coïncide pas avec C. Mais l'ordre de multiplicité du point C sur la courbe qui correspond à l, ou, en d'autres termes, l'ordre de la courbe fondamentale du point C, est deux. En effet, si, pour faciliter l'examen de la transformation, nous remplaçons l'hyperbole H^2 de la figure par une ellipse E (fig. 44), qui est coupée par la droite complétante λ aux deux points O et L, nous trouvons tout de suite que la courbe fondamentale du point C est une conique par C, L, O, qui touche en C la tangente de l'ellipse E; cette conique touche en L et O les droites l_c et o_c, séparées harmoniquement de CL et CO par λ et les tangentes de l'ellipse E en L et O; de sorte que cette conique fondamentale elle-même sépare harmoniquement la conique composée de CL et de CO de l'ellipse E et de la

conique composée de λ et de la tangente en C à l'ellipse E. Ainsi la transformation est du troisième ordre. Et l'on trouve, de plus, que les cubiques à point double C, qui correspondent aux droites du plan, passent toutes par les deux points L et O et qu'elles y sont touchées par la conique fondamentale du point C, etc. Si donc nous retournons à l'hyperbole H^2 — et pour cela nous n'avons qu'à supposer que le point L est rejeté à l'infini, — nous trouvons qu'aux droites du plan correspondent des cubiques à points doubles C, qui ont une asymptote Δ' parallèle à λ (fig. 43), qui passent par O et y touchent la droite o_c, qui est séparée harmoniquement de CO par la tangente o_h en O à H^2 et par λ. Mais cette asymptote Δ', parallèle à λ, coïncide avec Δ. Car la droite OD correspondant à Δ, suivant la forme originale de la transformation nouvelle, Δ ne contient qu'un seul point différent de L de la cubique qui correspond à une droite quelconque l et est donc asymptote de cette cubique.

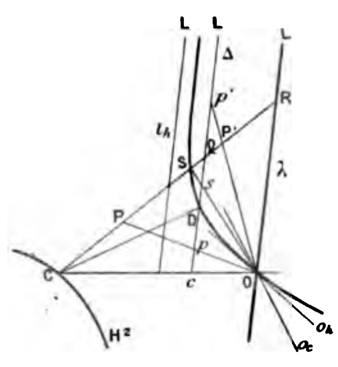


Fig. 43.

D'après ce qui précède, la transformation nouvelle mène aux cubiques unicursales les plus générales. En effet, supposons qu'une cubique unicursale soit déterminée par son point double C, une de ses asymptotes Δ, un point O avec la tangente o_c en ce point, et deux points quelconques A et B. Construisons la parallèle l_h à Δ séparée harmoniquement de O par C et Δ, et la droite o_h par O séparée harmoniquement du point à l'infini L par o_c et CO. Imaginons ensuite l'hyperbole par C et O, qui est touchée par o_h en O et dont l_h est une asymptote, et cherchons le point d'intersection D à distance finie de Δ et de cette hyperbole. Construisons enfin, dans la transformation déterminée de la manière indiquée par la droite Δ et les trois points C, D, O, les points A' et B' qui correspondent aux points donnés A et B, et la courbe qui correspond dans cette transformation à la droite A'B' sera la courbe cubique donnée.

10. L'article précédent contient la construction au moyen de la règle de la cubique unicursale la plus générale par points et tangentes, pourvu que cette courbe soit déterminée par son point double, une de ces asymptotes et trois de ces points avec la tangente en un de ces points. Car la construction du point D de l'hyperbole auxiliaire H^2 se fait au moyen du théorème de Pascal sans qu'on ait besoin de construire d'avance l'hyperbole H^2 elle-même. Et la construction de la tangente ne diffère en rien de celle que nous avons examinée en l'article 6.

La transformation plus générale, où le point L (fig. 44) se trouve à dis-

tance finie, admet une origine peu différente de celle que nous venons d'étudier. En vérité, dans la transformation plus restreinte (fig. 43), la projection de l'involution, située sur un rayon vecteur quelconque par C sur Δ et de O comme centre de projection, est une involution de couples de points équidistants du milieu de DQ. Si donc, par la projection centrale, la transformation restreinte (fig. 43) se change dans la transformation plus générale (fig. 44), nous trouvons que la projection de l'involution, située sur un rayon vecteur quelconque CQ, sur LD et du centre O, a pour points doubles L et le point séparé harmoniquement de L par D et Q. Mais cette involution sur Δ se projette d'un point quelconque O′ du plan sur une parallèle ε à O′L comme une involution de couples de points équidistants d'un certain point de ε. De sorte que par cette deuxième projection de O′ et sur ε la construction des couples de points correspondants dans la transformation plus générale (fig. 44) devient tout aussi simple que celle des points correspondants dans la transformation restreinte (fig. 43). Et il va sans dire que la généralisation en question n'affecte non plus la construction des tangentes. Ainsi notre construction s'applique aussi à une cubique unicursale déterminée par le point double et quatre points simples avec les tangentes en deux de ces points.

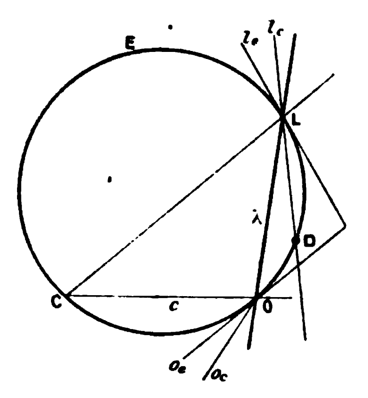


Fig. 44.

Quand la courbe unicursale qu'on veut construire est déterminée par le point double C et six points simples P, Q, R, S, T, U, — et c'est là le cas le plus général, — elle peut être engendrée, comme on sait, point par point, par la règle au moyen de deux faisceaux projectifs (*). Mais cette construction est très laborieuse. Eh bien, elle peut être simplifiée considérablement au moyen de la construction que nous venons de donner. Car aussitôt qu'au moyen de la génération, par faisceaux projectifs, on a trouvé les tangentes p et q de la cubique en P et Q, on peut appliquer notre construction à la cubique déterminée par le point double C, les points P, Q, R, S et les tangentes p et q en P et Q.

Pour ne pas abuser de la bienveillance de la rédaction de l'annuaire, nous nous contentons d'avoir indiqué cette construction la plus générale, dont nous recommandons l'exécution au lecteur.

(*) On sait que, dans ce cas, C est le sommet du faisceau de rayon, tandis que C et trois des six points simples donnés peuvent former la base du faisceau projectif des coniques, les trois autres points fixant la correspondance projective, etc.

M. CHAMBRELENT

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, à Paris.

FIXATION DES TORRENTS ET BOISEMENT DES MONTAGNES
RÉSULTATS DES BOISEMENTS DANS LES DUNES FIXÉES ET LES LANDES ASSAINIES

La communication que je vais avoir l'honneur de vous faire a pour but de vous exposer le résultat des études que je poursuis depuis vingt ans dans les montagnes des Alpes et celles des Pyrénées pour la fixation du lit des torrents et le boisement des montagnes, d'où se précipitent ces torrents.

Je n'ai pas à vous faire connaître les ravages qui se produisent chaque année dans les montagnes, lorsque les orages tombent sur les versants de leurs flancs dénudés; vous connaissez malheureusement le mal par vous-même, aussi bien que moi.

Ce que je tiens à dire, c'est que les désastres qui vous frappent les premiers, en ravageant vos champs, en emportant les habitations que les torrents débordés trouvent sur leur passage, ces désastres s'étendent beaucoup plus loin que votre contrée, et ont pour tout le pays des conséquences funestes, qui vont en grandissant chaque année et qu'il est du devoir de la France de faire disparaître le plus promptement et le plus efficacement possible.

C'est une obligation qui s'impose d'autant plus aujourd'hui qu'ainsi que vous le verrez, et c'est un point sur lequel on ne saurait trop appeler l'attention, les dépenses à faire pour arrêter le mal sont moindres, dans bien des cas, que les dommages causés par un seul orage.

Deux grandes opérations de même ordre ont été accomplies en France depuis le commencement du siècle. Je veux parler de la fixation et du boisement des dunes, et de l'assainissement et du boisement des Landes de Gascogne.

Ces opérations sont terminées aujourd'hui.

Les résultats sont réalisés, les dunes sont immobilisées et couvertes aujourd'hui de magnifiques forêts.

Les Landes sont assainies, et le boisement de ces terrains jadis si stériles a donné en outre à la France une valeur territoriale de plus de trois cents millions, tout en faisant disparaître des dangers publics.

Ce sont ces résultats qu'il faut obtenir aussi dans les Alpes et dans les Pyrénées.

Au mois de juillet 1882, le préfet de votre département informait le ministre de l'agriculture qu'un violent orage venait d'avoir lieu dans les montagnes supérieures de la vallée de l'Isère et avait causé des avaries considérables.

L'orage avait pris naissance au-dessus du massif montagneux de Belledone, avait traversé la vallée de l'Isère, entre Domène et Monbonneau, et s'était arrêté sur le massif de la grande Chartreuse.

Le rapport des ingénieurs évaluait à 59,300 francs le montant des dommages causés dans le lit des torrents par les eaux précipitées des flancs dénudés des montagnes.

En signalant la gravité du mal, les ingénieurs constataient néanmoins le bon effet de quelques barrages qu'ils avaient fait construire en 1881 sur certains torrents de ce vaste massif montagneux.

Grâce à ces barrages, dit le rapport, l'orage du 21 juillet n'a pas fait de dégâts sur les terres riveraines du torrent de Charmeyran, très exposées cependant à ses atteintes.

Les matériaux entraînés ont été en grande partie retenus par les barrages, en sorte que les propriétés et la route nationale n° 90 en ont été préservées.

Au torrent de Jaillière, les premiers barrages qui y avaient été faits, n'ayant pas résisté, la route nationale n° 90, que le torrent traverse encore sur ce point, a été en quelques instants recouverte de blocs et de boue sur plus d'un mètre de hauteur. La circulation y a été interrompue et il a fallu, pour la rétablir, que l'administration militaire envoyât tout de suite une troupe de 60 hommes, et un crédit de 3,000 francs a dû être ouvert d'urgence par le ministre des travaux publics pour réparer les premiers dommages causés.

Sur le torrent de Gamond, les dommages se sont élevés à la somme de 20,000 francs.

Sur le torrent d'Aiguille, les matériaux ont été entraînés sur la route nationale n° 90, l'une des routes stratégiques les plus importantes de la France.

En rendant compte des dégâts causés et des interruptions de circulation qui se sont produites sur plusieurs routes et chemins, les ingénieurs ajoutaient que, bien que les barrages aient résisté sur quelques points, ils ne peuvent être efficaces longtemps, s'ils ne sont pas suivis de travaux de boisements, nécessaires pour consolider le sol retenu par ces barrages.

Les moyens employés pour remédier au mal, ajoute le rapport, consisteraient dans la création de vastes périmètres de reboisements sur toute la surface du bassin de réception de ces torrents et dans la construction de barrages transversaux destinés à ralentir le cours des eaux.

Les barrages seuls ne peuvent suffire, on ne doit les admettre qu'à titre d'auxiliaire de travaux plus efficaces de boisements.

En adressant le rapport des ingénieurs au ministre, M. le préfet de l'Isère signalait lui-même d'une manière saisissante l'étendue du mal et l'urgence qu'il y avait à le réparer.

De grandes surfaces de terrain, dit-il, ont été recouvertes d'une couche de 2 ou 3 mètres de déjection de graviers et de pierres; des maisons ont été emportées et l'action des eaux a été si violente, qu'elle s'est étendue même dans la plaine.

Le préfet insistait avec les ingénieurs pour l'allocation d'un crédit spécial pour réparer les dégâts causés et appelait toute la sollicitude du ministre sur les travaux à faire sur les parties hautes et dénudées des torrents du département.

Quelques mois après, dans les journées des 25 et 26 octobre, de nouveaux orages produisaient dans la vallée de la Durance des débordements qui occasionnaient dans cette vallée une inondation dépassant de 40 centimètres les inondations les plus fortes connues jusqu'ici, et qui avait dégradé et presque détruit plusieurs des canaux d'irrigation du département de Vaucluse.

Le préfet signalait ces dégâts au ministre en lui demandant d'accorder de fortes subventions pour aider les malheureux propriétaires de ces canaux à réparer le mal causé.

Chargé par le ministre d'examiner par nous-même les rapports des ingénieurs et ceux des préfets des deux départements, nous fûmes surtout frappé de ce fait, c'est que, pour le premier orage dans l'Isère, ces dommages, évalués à 59,000 francs, non compris les inconvénients de l'interruption de la circulation sur des routes importantes et les dangers auxquels étaient exposés les habitants, ces dommages, dis-je, auraient pu être évités avec une dépense qui aurait été bien moindre que les 59,000 francs de dommages matériels causés.

L'État vint immédiatement en aide aux populations aussi frappées.

Le ministre des travaux publics alloua les sommes nécessaires pour la réparation des routes et le rétablissement de la circulation, et le ministre de l'agriculture accorda, sur nos propositions, les subventions nécessaires pour la réparation des avaries causées dans les montagnes et sur les canaux d'irrigation.

Mais, ainsi que nous le disions, après avoir proposé ces subventions, ce n'est pas tout de réparer ainsi chaque année, à grands frais, des dégradations, on pourrait dire des désastres, qui se renouvellent à chaque orage et qui, malgré les sacrifices que l'État s'impose tous les ans pour les réparer, laissent toujours après eux des pertes réelles et souvent des malheurs déplorables.

Les sacrifices considérables qu'on est obligé de faire après ne réparent,

en effet, qu'une partie du mal, tandis que des dépenses bien moins élevées, faites avant, eussent permis de tout arrêter à jamais.

Nous venons de dire, en effet, qu'une faible dépense inférieure aux dommages causés eût arrêté les effets de l'orage de 1882.

Un rapport présenté en 1878 à la Chambre des députés par le représentant du département des Hautes-Pyrénées constate, par des documents officiels, un fait de même genre sur une bien autre échelle.

On se rappelle la terrible inondation de 1875, qui ravagea toute la vallée de la Garonne et causa tant de mal à la ville de Toulouse; le marquis d'Hautpoul y trouva la mort en essayant de sauver les habitants réfugiés sur le toit des maisons.

Le chiffre matériel des pertes éprouvées dans le bassin pyrénéen par cette inondation s'éleva à 100 millions, sans compter les pertes d'hommes qu'on eut à déplorer.

Eh bien, il a été reconnu qu'une dépense de 100 millions au plus, en travaux de fixation des ravins et de boisement des montagnes dominant la vallée, aurait arrêté et arrêterait à l'avenir de si funestes désastres.

Quels faits significatifs et comment hésiter, devant de tels maux à éviter et de tels résultats à obtenir avec de faibles dépenses inférieures à la valeur de ces résultats !

En attendant qu'on prenne des mesures radicales, le mal va chaque année en grandissant avec une effrayante rapidité.

Si l'on rapproche le fait de cette crue récente de la Durance s'élevant à 40 centimètres au-dessus des plus hautes eaux connues jusqu'ici, de ce fait non moins significatif signalé récemment d'un abaissement de 80 centimètres de l'étiage de la même rivière, à la prise du canal de Manosque, on est frappé de voir les écarts qui tendent de plus en plus à se produire entre les crues et les étiages des cours d'eau descendant des montagnes.

Les eaux des crues, qui sont un danger public, augmentent de plus en plus; les eaux d'étiage, qui sont au contraire un bienfait pour l'irrigation des terres en été, tendent de plus en plus à diminuer.

Le syndicat de la Basse-Vayle, dans le département de l'Ain, demandait l'année dernière à réduire de plus de 25 0/0 le périmètre des surfaces qu'il desservait précédemment, parce que les eaux d'été s'étaient réduites dans une proportion encore plus forte.

Les causes qui ont amené cette grande réduction de volume d'eau d'été, disait le syndicat, sont permanentes, parce que les principales proviennent de la destruction des bois et des pâturages dans les montagnes.

Mais ce n'est pas seulement au point de vue de l'irrigation que la réduction des eaux d'été dans les cours d'eau porte un tort considérable au pays. Un intérêt d'un ordre encore plus élevé ne se ressent pas moins de cette réduction des eaux.

Tous les fleuves et rivières qui servent aujourd'hui à la navigation inférieure de la France souffrent, en effet, de cette réduction des eaux d'étiage, comme les riches vallées qu'ils traversent souffrent de l'abondance de leurs crues.

En outre, pendant que les eaux des orages se précipitent des flancs dénudés des montagnes, sans aucune réserve pour l'alimentation de l'été, elles détachent des torrents ravinés, des terres, des graviers, des débris de toute sorte qui viennent encombrer le lit des rivières privées d'eau et augmentent de plus en plus, par ces deux causes réunies, les difficultés de navigation de ces rivières.

On essaie chaque année, par de forts crédits prélevés sur le budget de l'État, de combattre le mal par des travaux d'endiguement, sur lesquels les ingénieurs les plus capables sont en désaccord, travaux parfois aussi inefficaces que coûteux, allant même quelquefois contre leur but, et signalés par certains ingénieurs comme des plus dangereux pour augmenter les désastres des inondations.

Que de mal, en effet, produit dans certaines inondations par la rupture des digues destinées à contenir l'eau dans le lit des rivières!

Les récents désastres de la ville de Szegedin, presque détruite par les inondations de la Theiss, provenaient de la rupture des digues imprudemment élevées le long des berges de la rivière.

Et pendant que l'on cherche ainsi à combattre le mal, là où l'on peut si difficilement en triompher, malgré les efforts les plus grands et les plus coûteux, on oublie qu'en allant arrêter les causes à leur origine, on peut en détruire tous les effets à la fois, par les moyens les plus simples et les moins coûteux, en exécutant dans le lit des torrents quelques barrages en bois de faible valeur, et en créant sur les flancs dénudés des montagnes, d'où part tout le mal, de riches et puissantes forêts qui, tout en détruisant la cause de tous ces désastres, créeront de précieuses ressources en bois, si utiles à prévoir pour l'avenir forestier de la France.

En 1878, la situation de la Garonne et de la Gironde, ainsi que celle du port de Bordeaux, donnaient de telles préoccupations au gouvernement, que le ministre des travaux publics, par une décision du 16 août de cette même année, nommait une commission supérieure, composée d'inspecteurs généraux des ponts et chaussées qui avaient le plus étudié les questions de navigation, d'inspecteurs généraux des mines, d'ingénieurs hydrographes, d'officiers supérieurs de la marine, des délégués de la Chambre de commerce de Bordeaux, du Conseil général de la Gironde et du Conseil municipal de la ville.

Le but de cette commission était ainsi défini : « Étudier les questions complexes que soulève l'examen des travaux à exécuter pour l'amélioration du port de Bordeaux, de la Garonne maritime et de la Gironde. »

Après de nombreuses séances, où bien des avis furent discutés, la commission proposa de prendre en considération un certain nombre de projets qui devaient être préalablement soumis aux enquêtes.

Mais elle termina ses conclusions par un dernier avis ainsi conçu :

« Enfin, la Commission émet le vœu qu'une entente puisse s'établir entre le ministre de l'agriculture et du commerce et celui des travaux publics, à l'effet de prendre les mesures nécessaires pour opérer dans une large mesure le gazonnement et le reboisement des parties supérieures du bassin de la Garonne sujettes à érosion. »

Si de la navigation intérieure de la France nous passons à la circulation sur les voies de terre, nous voyons qu'un autre intérêt de même ordre ne souffre pas moins des dégradations des montagnes dénudées.

Tous les ans, le ministre des travaux publics est obligé d'allouer des crédits supplémentaires pour réparer les dégradations causées aux routes par les éboulements des montagnes et y rétablir une circulation très souvent interrompue, pendant un temps plus ou moins long, par les terres ou les rochers précipités de ces montagnes.

J'ai été témoin moi-même, pendant l'exécution des travaux dont j'ai été chargé dans les Alpes, non seulement des effroyables dégradations de nos routes, mais des accidents les plus graves arrivés aux cantonniers chargés d'assurer la viabilité. J'en ai vu périr à mes côtés, dans l'accomplissement de leurs dangereuses fonctions, atteints par les blocs qui se détachaient du torrent débordé.

Je fus alors tellement frappé des désastres qui se produisaient devant moi, que j'avais rédigé une série de vingt-huit projets, qui devaient mettre à l'abri de ces désastres les routes départementales des Basses-Alpes.

Ces projets furent soumis au Conseil général du département dans sa session de 1867, et le Conseil fut tellement frappé des résultats qu'on devait en obtenir, que, bien que ces projets dussent exiger la mise en défens d'une partie des pâturages situés sur les versants, il déclara y donner sa vive approbation, et inscrivit immédiatement à son budget, un des plus pauvres de la France, une subvention pour l'année suivante, afin d'obtenir de l'État l'exécution immédiate de ces projets.

Permettez-moi de joindre au présent rapport un extrait de celui que le Conseil général présenta sur mes projets en signalant l'urgence qu'il y aurait à les exécuter.

« Il n'est pas de sentier, dit le rapport du Conseil général, surtout dans la partie haute du département, qui n'ait été emporté cent fois par les eaux, envahi par les graviers et qui n'ait été le théâtre de quelque légende.

« Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, en sortant de Digne, sur un tronçon que je fréquente assidûment, nous avons vu dans moins de deux ans cette voie de communication, rendue deux fois impraticable, même aux piétons,

occasionner des dépenses considérables pour opérer les déblais de la voie, et, chose bien autrement grave, nous avons vu un malheureux ouvrier assommé par un rocher qui a roulé sur ces pentes arides et qui est venu le frapper pendant son travail. »

Les choses en sont arrivées aujourd'hui à un tel point, que certaines routes à ouvrir sur les versants des Alpes ne peuvent même être exécutées qu'à la condition d'une fixation préalable des montagnes, dont les versants dominent la chaussée.

Il y a trois ans, les ingénieurs de l'Isère, pressés de déterminer l'ouverture de la route n° 91, qui, en dehors des intérêts généraux de la circulation, présentait des intérêts stratégiques de premier ordre, les ingénieurs, disons-nous, déclaraient que la route était terminée sur tout son parcours, excepté au pied du torrent de Vaudaine.

Rien ne pouvait être fait sur ce point, disaient les ingénieurs, tant que le bassin n'aurait pas été fixé par des barrages et des reboisements.

Entraves apportées à l'exploitation des chemins de fer.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que des dégradations et interruptions de circulation produites par les torrents sur les routes et chemins ordinaires.

Mais le mal est bien plus grand et ses conséquences bien plus graves encore, si nous jetons les yeux sur les voies ferrées.

Les lignes du réseau de la Méditerranée ont eu tellement à souffrir, dans ces dernières années, des éboulements des montagnes, que les ingénieurs de la Compagnie nous disaient récemment que, sur plusieurs lignes, il deviendrait bientôt nécessaire, si le mal continuait, d'abandonner certaines parties déjà construites, qui passent au pied des torrents, pour les établir en souterrain au-dessous des mêmes torrents.

Sur la seule ligne du Rhône au Mont-Cenis, il résulte des états qui nous ont été donnés par les ingénieurs de la voie, que les travaux de déblaiement et autres qu'ont nécessités les éboulements le long du chemin ont donné lieu jusqu'ici à une dépense de plus de 872,000 francs.

L'éminent directeur de la construction de ces grands travaux, M. l'ingénieur en chef Ruelle, a adressé, il y a quelques années, à la fois au ministère des travaux publics et à celui de l'agriculture, un rapport des plus remarquables, où il signalait le mal avec autant d'énergie que de justesse, et demandait avec la plus grande instance qu'on s'occupât d'y porter remède.

« Au moment, disait-il dans son rapport, où l'on va dépenser cinq milliards à améliorer les voies de communication en général et à étendre le réseau des chemins de fer dans les régions où les transports de voyageurs et de marchandises sont très limités, n'est-il pas équitable, n'est-il pas

rationnel de demander le 1/20 de ce formidable chiffre : 250 millions environ, pour accomplir une œuvre essentielle, indispensable à l'existence de plusieurs départements, et d'où dépend en même temps la sécurité des communications d'une partie du pays ?

« Aux époques où les inondations extraordinaires du Rhône et de ses affluents ont porté la dévastation dans les plaines les plus fertiles, on s'est rappelé qu'une cause première amenait ces désastres ; on a reconnu la nécessité de combattre le fléau dans les montagnes afin d'assurer la sécurité des autres parties du territoire ; mais le danger passé, on est retombé dans une complète indifférence.

« Les demi-mesures essayées jusqu'à ce jour sont tout à fait insuffisantes, et l'État ne peut plus se dispenser d'intervenir énergiquement en mettant en œuvre les moyens puissants que l'intérêt public exige pour arrêter les dégradations continues à cette destruction. »

Si des Alpes nous passons aux Pyrénées, le mal, quoique existant dans des proportions moindres, s'y révèle cependant d'une manière flagrante.

Pour en donner une idée, nous citerons ce fait, c'est que l'État, ayant construit lui-même plusieurs lignes de chemins de fer qui ont été livrées après, pour leur exploitation, à la Compagnie des chemins de fer du Midi, la Compagnie n'a consenti à prendre livraison de ces lignes que sous la réserve que toutes les dégradations qui y seraient produites par les torrents des montagnes qui les dominent, resteraient à la charge de l'État jusqu'à ce qu'il ait fait exécuter dans les montagnes les travaux nécessaires pour fixer les versants qui menacent ces lignes.

Dans l'assemblée générale des chemins de fer du Sud de l'Autriche, qui a eu lieu le 10 mai 1883, les ingénieurs ont déclaré que les frais d'entretien de ces chemins de fer avaient été augmentés de 4,325,000 francs en 1882 et que la cause d'une telle augmentation avait été les inondations produites par les pluies abondantes et aggravées par le déboisement excessif des forêts.

En résumé, il résulte de l'exposé que nous venons de faire que la fixation des torrents des montagnes et le reboisement de leurs versants ne doivent pas seulement avoir pour effet d'arrêter les dégradations locales des montagnes, d'où se précipitent ces torrents, et de créer à la France des ressources forestières, si précieuses pour son avenir.

En outre de ces avantages, ces travaux doivent desservir d'autres intérêts généraux de l'ordre le plus élevé.

En arrêtant le cours précipité et désordonné des eaux, ils doivent :

1° Atténuer plus efficacement que tout autre travail les inondations qui ravagent les plus riches vallées de la France ;

2° Réserver pour les irrigations si utiles à la fertilisation des terres une

partie de ces eaux d'inondation si funestes aux cultures de ces mêmes terres;

3° Donner aux fleuves et rivières, qui servent à la navigation intérieure du pays, un régime plus régulier, qui sera plus efficace pour desservir les intérêts de cette navigation, que bien des travaux plus coûteux, souvent dangereux, faits dans le même but, en lit de rivière;

4° Préserver les routes et chemins des désastres que produisent les torrents qui les dominent, y assurer ainsi la sécurité de la circulation et éviter en même temps des dépenses d'entretien et souvent de reconstruction, qui vont en augmentant chaque jour;

5° Mettre aussi l'exploitation des chemins de fer, pour lesquels la France fait des sacrifices de plusieurs milliards, à l'abri de dangers qui menacent sans cesse l'exploitation des lignes situées au pied des montagnes, et tendent de plus en plus à leur imposer des travaux de restauration et de reconstruction, bien plus coûteux que ceux que réclament les travaux appelés à détruire le mal à son origine.

La première conclusion à tirer des faits que nous venons d'exposer, c'est que le résultat de la fixation des torrents et du reboisement des montagnes devant être de réduire les dépenses que nécessite chaque année la réparation des routes et des chemins de fer dégradés et d'augmenter le tirant d'eau des rivières navigables l'été, il serait logique de consacrer à ces travaux préservateurs du mal, en sus de leur budget ordinaire, au moins une partie des économies que leur exécution doit produire sur celui des routes et celui de la navigation.

Nous avions signalé nous-même ce fait en 1882 au ministre de l'agriculture, M. de Mahy, en proposant d'affecter au boisement des montagnes un crédit de 2,600,000 francs non dépensé sur le budget du service hydrographique de 1881.

La proposition, adoptée par M. de Mahy, fut défendue par son successeur, M. Méline, dans la séance du 6 juillet 1883, et le crédit accordé malgré l'opposition qui y avait été faite d'abord par la commission du budget, la Chambre constatant par là l'importance qu'elle attachait à ces travaux pour faire cesser le mal.

« Il y a, disait le ministre, d'après les rapports qui m'arrivent des représentants du pays, certains départements, dans les Alpes et les Pyrénées, qui se fondent littéralement, où les montagnes dénudées glissent dans la plaine et où les plus grands malheurs sont à redouter si on ne prend des mesures promptes et énergiques. »

Nous venons d'établir, dans notre exposé, les travaux à faire pour arrêter ces malheurs.

Mais il y a plus.

Nous devons ajouter maintenant, et c'est là un point sur lequel il faut

aussi insister, que ces travaux, destinés à prévenir de si grand malheurs, auront un autre avantage considérable : ce sera de créer par eux-mêmes, tout en arrêtant le mal, une richesse territoriale dont la valeur pourra être décuple de la dépense faite pour arrêter ce mal.

Les reboisements de ces montagnes, si dangereuses aujourd'hui pour le pays, produiront une valeur forestière bien supérieure aux dépenses faites.

On peut se rendre compte des résultats à obtenir à cet égard par ceux déjà obtenus dans les deux grandes œuvres d'utilité publique de même genre que nous avons citées au commencement de cet exposé. Nous voulons parler de la fixation et du boisement des dunes; de l'assainissement et du boisement des Landes.

Nous sommes ici en présence de résultats réalisés qu'il n'y a qu'à constater pour faire voir ce que ces deux grandes opérations de boisement ont produit, tout en faisant disparaître des fléaux du même genre que ceux que le boisement des montagnes doit détruire à son tour.

Au siècle dernier, les sables qui bordent le littoral de l'Océan dans le golfe de Gascogne formaient une masse mouvante d'une étendue de près de 100,000 hectares sur une hauteur qui s'élevait jusqu'à 80 à 90 mètres.

Poussés par les vents de la mer vers l'intérieur des terres, ces sables mobiles étaient un danger permanent pour la contrée. Ils envahissaient les villages, montaient jusqu'au clocher des églises et menaçaient d'arriver un jour aux portes de Bordeaux.

Toutes ces montagnes de sable ont été complètement fixées depuis par des boisements exécutés d'après un système que l'on doit à l'ingénieur des ponts et chaussées Brémontier, et qui, continué depuis avec persévérance, a donné les résultats les plus remarquables.

Ces 100,000 hectares de sables mobiles sont aujourd'hui arrêtés par des plantations de pins qui, tout en ayant fait disparaître un danger public, ont donné à l'État une richesse forestière de plus de 30 millions de francs.

On n'a plus aujourd'hui à arrêter les dunes; on n'a plus qu'à s'occuper de la conservation et de l'exploitation des forêts qui s'y développent.

Les ingénieurs de l'État étudient en ce moment des chemins de fer et des voies d'eau destinés à faciliter cette exploitation.

On avait d'abord conçu des craintes sur la conservation de ces forêts. Les travaux faits ont arrêté, en effet, les dunes créées, mais ils n'ont point empêché la formation de nouvelles dunes.

La mer continuant à jeter la même quantité de sables sur la plage et le vent les portant toujours vers les terres, les dunes fixées aujourd'hui commençaient elles-mêmes à être envahies par les nouveaux sables qui, tôt ou tard, eussent recouvert les plantations actuelles et repris leur marche vers les terres, après avoir détruit les forêts créées devant elles.

Il fallait absolument arrêter ces nouveaux sables au rivage même et les empêcher de franchir à l'avenir cette limite.

Le problème est aujourd'hui résolu. Il a été créé sur le bord même de la mer une dune littorale qui, par sa forme inverse de la dune ordinaire, arrête les sables et les renvoie à la mer.

Les dunes de sable mobile anciennes s'avançaient en effet vers les terres en vertu de la forme même que leur donnaient les vents venant de la mer.

Elles présentaient du côté de la mer, à l'ouest, une pente douce sur laquelle les vents du large faisaient monter le sable jeté sur la côte.

Ces sables cheminaient ainsi en suivant cette pente douce jusqu'à une certaine hauteur ; ils retombaient en talus incliné vers la terre et étaient repris par les vents pour former une nouvelle dune s'avançant au-delà de la précédente.

Pour arrêter cette marche, nous avons eu l'idée de provoquer nous-même sur la plage une dune artificielle, formée de manière à présenter un profil inverse de celui de la dune qui marchait vers les terres. Cette dune présente un talus très raide vers la mer et un talus doux vers les terres.

Lorsque les vents du large poussent les sables vers les terres, ces sables viennent se butter contre le talus raide, qu'ils ne peuvent franchir, et retombent sur la plage, où ils s'accumulent jusqu'à ce que des vents latéraux ou des vents venant de terre les rejettent à la mer.

Cette nouvelle dune ainsi créée, désignée sous le nom de *dune littorale,* arrête tout nouvel envahissement du sable et doit protéger pour toujours, à l'avenir, la riche et vaste forêt créée aujourd'hui dans les dunes.

Pour les Landes de Gascogne situées au-delà des dunes et qui présentaient, il y a 35 ans à peine, 800,000 hectares de terrains marécageux, insalubres et improductifs, les résultats réalisés ont été plus grands encore que ceux obtenus dans les dunes.

Ces 800,000 hectares, qui formaient en quelque sorte une tache sur le territoire de la France, présentent aujourd'hui d'immenses forêts dont la valeur, d'après des constatations officielles faites en 1878, s'élevait alors à 205 millions ; cette valeur a beaucoup augmenté depuis et peut être portée aujourd'hui à plus de 250 millions par la plus-value acquise des bois.

Le montant des travaux qui ont donné de tels résultats n'a pas dépassé 3 millions.

L'État n'a eu à faire *aucun sacrifice* pour ces travaux. Non seulement les dépenses ont été couvertes par la plus-value des terrains assainis et mis en valeur, mais les communes ont pu, en vendant une faible partie des terrains améliorés, exécuter, en dehors de leurs travaux d'assainissement et de boisement, des maisons d'école, des mairies, des églises, et transformer ainsi une des contrées les plus pauvres et les plus malsaines de

France en un pays riche et prospère où la salubrité publique a été reconnue aussi grande que sur les parties les plus saines du pays.

Le chiffre des plus-values obtenues par les communes qui ont permis de réaliser ces améliorations, s'est élevé à 13,430,000 francs.

Nous avons dit que les nouvelles forêts des Landes pouvaient être estimées aujourd'hui 250 millions. On peut juger de leur valeur par les faits suivants :

Les boisements faits dans les landes depuis 1850, date à laquelle ils ont été commencés, ces boisements fournissent des bois, non seulement à l'Europe entière, mais aussi à l'Afrique et à l'Amérique.

Tous les navires anglais qui viennent porter les charbons de terre de l'Angleterre en France, rapportent en Angleterre les poteaux de mine destinés à l'exploitation de ces charbons.

C'est par 500,000 tonneaux par an que les bois des landes sont expédiés en Angleterre.

Mais il y a bien plus. Les traverses de chemin de fer et les poteaux télégraphiques des Landes sont expédiés aujourd'hui en Égypte, en Grèce, en Tunisie, où ils sont plus appréciés que les bois du pays.

Le chemin de fer du Brésil qui va de Rio-del-Sol à Bagé, d'une longueur de 280 kilomètres, a été construit avec les traverses et les poteaux télégraphiques des landes boisées en 1850.

La ligne télégraphique du canal de Panama a été exclusivement construite avec les poteaux télégraphiques provenant des premiers semis de pins que nous avons faits nous-même en 1850 dans les premières landes assainies.

C'est en constatant ces faits qu'il était déclaré cette année à la Société nationale d'agriculture de France, dans la séance solennelle de la distribution des prix du 1er juin, qu'aujourd'hui l'Europe, l'Amérique et l'Afrique étaient tributaires d'un des sols du territoire français récemment encore les plus stériles et le plus insalubres.

Ce sont, Messieurs, des résultats de même genre que le boisement des montagnes est appelé à donner à la France, après l'avoir préservée des désastres qui frappent sans cesse vos montagnes en étendant leurs funestes effets dans nos vallées les plus riches et sur les grandes voies de transport de toute nature qui desservent le pays.

M. MERCERON-VICAT

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur des usines de la Société Vicat, à Grenoble.

DU MODE DE DURCISSEMENT DES GANGUES HYDRAULIQUES

Les travaux de L. Vicat ont fait connaître depuis longtemps les gangues hydrauliques, chaux et ciments, et précisé la composition des corps qui détermine leur solidification.

Mais comment s'effectue cette solidification? Faut-il l'attribuer à une réaction chimique, ou n'y voir qu'un simple effet mécanique d'enchevêtrement des molécules? La question est loin d'être résolue. Elle a donné lieu à d'importants travaux; malheureusement leurs auteurs, renfermés trop hermétiquement peut-être dans le laboratoire, ont observé des corps différents de ceux que l'industrie livre au public, ou dont ils connaissaient imparfaitement la fabrication, et leurs conclusions n'ont pas été sanctionnées par l'expérience. La théorie de la prise est donc encore à faire, et je viens, après beaucoup d'autres, apporter quelques observations nouvelles qui pourront peut-être aider à l'établir.

Les chaux grasses durcissent par suite d'une carbonatation qui se produit au détriment de l'acide carbonique de l'air.

Les chaux hydrauliques et les ciments durcissent sans l'intervention d'aucun agent extérieur; ils renferment en eux-mêmes, convenablement disposés, les éléments de leur solidification.

Vicat attribuait cette solidification à une cristallisation confuse se produisant à la suite de l'hydratation des différents corps contenus dans les gangues hydrauliques, mais il ne fit jamais d'expériences précises pour élucider cette question, qui, au point de vue pratique, lui semblait sans grandes conséquences. S'il eût apporté à son étude l'esprit de rigoureuse méthode qu'il mettait dans tous ses travaux, il est probable qu'il serait arrivé à des conclusions aussi précises que pour la fabrication des chaux et des ciments.

Le problème tenta un chimiste distingué, M. Rivot, mais il n'opéra, je crois, que dans son laboratoire, et sur des produits dont il connaissait imparfaitement les procédés pratiques de fabrication. Ses conclusions, exclusivement théoriques, sont aujourd'hui à peu près oubliées. Il attribuait la solidification des composés hydrauliques à la formation de sels définis hydratés renfermant, comme matières principales, de la silice et

de la chaux, de l'alumine et de la chaux, ou de la silice, de l'alumine et de la chaux.

Voici quelle était sa théorie :

Sous l'influence de la chaleur, la chaux et l'argile du calcaire se combinent en partie, et le produit obtenu par la cuisson contient :

De la chaux libre,

Du silicate de chaux $3CaO, SiO^3$,

De l'aluminate de chaux $3CaO, Al^2O^3$,

Du silicate double d'alumine et de chaux.

Mis en présence de l'eau, le silicate et l'aluminate s'hydratent et font prise par une espèce de cristallisation confuse.

La chaux en excès décompose le silicate double et le transforme en silicate simple et aluminate simple, qui s'hydratent à mesure qu'ils se produisent et font également prise.

Le silicate et l'aluminate de chaux formés sont des composés définis, stables, insolubles dans l'eau. Ce sont les véritables agents de la solidification des chaux.

Non seulement ces conclusions n'ont jamais reçu la sanction de l'expérience, mais elles sont contredites par les faits. L'aluminate de chaux ne possède aucune propriété hydraulique : Berthier, en chauffant ensemble du carbonate de chaux et de l'alumine, obtint un composé foisonnant comme la chaux grasse, formant avec l'eau une pâte liante, mais ne durcissant pas. Quant au silicate, $3CaO, SiO^3$, son existence n'a jamais été démontrée : aucun chimiste ne l'a isolé des autres éléments qui constituent les chaux hydrauliques.

Quels que soient d'ailleurs les corps formés par la cuisson et l'hydratation, silicates ou aluminates de chaux, aucun d'eux n'est stable. Si l'on pulvérise une gangue hydraulique quelconque, chaux ou ciment, ayant fait prise depuis longtemps et atteint son maximum de résistance, qu'on la mette en présence de l'eau, la chaux est dissoute, et une partie de la poudre passe de l'état sableux à l'état de flocons blancs gélatineux. Si on décante et si on remet de l'eau pure, une nouvelle quantité de chaux est dissoute, et finalement il ne reste dans la liqueur qu'une masse floconneuse de silice et d'alumine plus ou moins combinées. Il n'y a donc pas dans les gangues hydrauliques de composés stables.

Il n'y a pas davantage de composés définis, car les proportions respectives de la silice, de l'alumine et de la chaux sont variables entre des limites assez étendues.

En 1865, M. Fremy reprit la question, mais, plus encore peut-être que M. Rivot, il se borna à des expériences de laboratoire, et ses recherches.

très intéressantes en elles-mêmes, n'ont introduit aucun fait nouveau dans la théorie des gangues hydrauliques.

On me permettra de faire remarquer à ce sujet la différence entre la méthode d'observation de Vicat et celle de ses successeurs. MM. Rivot et Fremy ont fait tant de beaux travaux, leurs noms sont entourés d'une si légitime renommée, qu'une légère critique, surtout de ma part, ne saurait leur nuire. Je ne crois pas, du reste, que M. Fremy attache une bien grande importance à ses essais sur les ciments.

Lorsque Vicat voulait étudier une chaux ou un ciment, il ne se bornait pas à l'analyser ainsi que le calcaire qui l'avait fourni. Il se rendait compte des conditions pratiques de la fabrication, de la forme du four, de la nature du combustible, du mode d'enfournement, de la durée de la cuisson, en un mot, de toutes les circonstances qui pouvaient influer d'une manière quelconque sur la valeur du produit. C'est à l'usine même qu'il allait prendre ses échantillons, et quand il voulait les reproduire, il cherchait à réaliser autant que possible les conditions qu'il avait observées. Voilà pourquoi les résultats qu'il énonçait étaient sûrs, précis, et n'ont jamais été contredits.

M. Fremy fit des mélanges de chaux et de silice,—de chaux et d'alumine—, de chaux, de silice et d'alumine, et les chauffa, à une très haute température, dans le four de son laboratoire. Il obtint ainsi de véritables verres et non ces scories pâteuses qui constituent les ciments; il obtint bien moins encore des chaux hydrauliques, qui ne subissent, dans les fours industriels, aucune trace de fusion.

Il n'est donc pas étonnant que les conclusions auxquelles il est arrivé soient en contradiction avec les faits.

D'après ses essais, *les silicates de chaux, et les silicates doubles d'alumine et de chaux, seraient des composés inertes, ne faisant aucune prise sous l'eau. Le seul élément capable de déterminer la prise serait un aluminate de chaux renfermant un, deux ou trois équivalents de chaux, et la rapidité du durcissement serait d'autant plus grande que cet aluminate aurait été soumis à une plus haute température.*

S'il en était ainsi, comment la chaux du Teil aurait-elle, à si juste titre, une réputation universelle, alors qu'elle contient seulement de la silice et de la chaux? Pour expliquer cette anomalie, M. Fremy admet que les silicates de chaux jouent le rôle de pouzzolanes, et qu'en présence de l'eau, ils sont susceptibles de se combiner avec l'hydrate de chaux. Mais en se combinant, ils ne peuvent donner que des silicates de chaux et par conséquent des corps inertes.

Dans les chaux et les ciments, l'alumine se trouve toujours en présence d'un grand excès de chaux, et l'on ne voit pas bien pourquoi, la température étant *excessive,* elle ne se combinerait pas avec quatre, cinq équi-

valents de chaux. Or, d'après les expériences même de M. Fremy, les aluminates qui contiennent plus de trois équivalents de chaux sont complètement décomposés par l'eau et n'ont aucune propriété hydraulique.

En fait, quand on chauffe trop un ciment, loin d'exalter son hydraulicité, on la détruit; le calcaire fond et forme un verre qui, pulvérisé et gâché avec de l'eau, ne fait pas prise; aucun fabricant de ciment ne l'ignore (1).

Plus récemment, un ingénieur des mines, M. Le Chatelier, a apporté à l'étude du problème un mode nouveau d'investigation, le microscope polarisant.

Il a taillé en lames minces des échantillons de ciments portlands, et, les examinant, soit en lumière naturelle, soit en lumière polarisée, il a essayé de déterminer leur composition. Selon lui, *les ciments portlands renfermeraient trois substances principales :*

1° *Un corps n'agissant pas sur la lumière polarisée et auquel il assigne la formule* $Al^2O^3, 3CaO$;

2° *Un corps agissant faiblement sur la lumière polarisée et présentant des formes cristallines très nettes, auquel il assigne la formule* $2CaO, SiO^2$. *Il forme la majeure partie et quelquefois la totalité des portlands;*

3° *Un corps fortement coloré en brun et agissant sur la lumière polarisée. C'est la plus fusible des substances existant dans les ciments. Elle forme la gangue du silicate précédent, et, à l'état fondu, le véhicule de sa cristallisation. Il lui assigne la formule* $2(Al, Fe)^2O^3, 3CaO$;

4° *Enfin il existe encore dans les portlands, mais à titre accessoire, de petits cristaux agissant très énergiquement sur la lumière polarisée. Ils sont peu abondants et n'éprouvent aucune altération au contact de l'eau. Ce sont probablement des composés magnésiens.*

L'élément principal de la consolidation des ciments serait le silicate de chaux, $2CaO, SiO^2$.

L'aluminate de chaux ($Al^2O^3, 3CaO$) *et l'alumino-ferrite de chaux,* $2(Al, Fe)^2O^3, 3CaO$, *seraient les agents de la première prise. Dans les ciments riches en alumine, M. Le Chatelier dit avoir observé, au moment de la prise, la formation de longues aiguilles hexagonales s'enchevêtrant dans tous les sens. L'analyse de ces aiguilles donne, pour le composé dont elles sont formées, la formule* $Al^2O^3, 3CaO$.

Cette théorie ne diffère pas sensiblement de celle de M. Rivot : c'est toujours le silicate de chaux et l'aluminate de chaux qui jouent le rôle principal. On peut donc lui faire les mêmes objections. Quant aux aiguilles hexagonales dont parle M. Le Chatelier, à l'enchevêtrement

(1) L. Vicat, en mélangeant directement de la chaux grasse et de la silice gélatineuse, a obtenu un composé faisant prise. — En mélangeant de la chaux grasse et de l'alumine en gelée, il n'a rien obtenu.

desquelles serait dû le phénomène de la prise, je ne les ai jamais vues dans les ciments que j'ai examinés. Si l'on met de la poudre de ciment dans un flacon plein d'eau distillée, il se forme bien, au bout d'un certain temps, de longues aiguilles blanches, qui sont effectivement composées d'alumine et de chaux; mais ces aiguilles se forment dans la partie supérieure du liquide et non dans la couche de ciment tassé au fond du vase.

Quant aux cristaux, ils existent dans les ciments portlands; mais ils n'existent que dans ceux-là; ils varient avec la température à laquelle a été soumis le corps expérimenté, et leur rôle, comme leur composition, me semblent différents de ceux que leur attribue M. Le Chatelier.

Pour les étudier j'ai fait tailler des lames minces en prenant le ciment à ses différents états, depuis celui qui est caractérisé par le simple départ de l'acide carbonique, sans aucune trace de fusion, jusqu'à celui qui correspond à une vitrification presque complète. Voici les faits que j'ai observés :

Dans la fabrication des ciments portlands le corps chauffé se compose de carbonate de chaux, de silice, d'alumine, de fer et d'alcalis. Je laisse de côté la magnésie qui manque parfois, et dont la proportion est toujours très faible. Le fer, au contraire, ne manque jamais; on le trouve dans tous les ciments connus, et si son rôle, au point de vue de la résistance finale de la gangue n'est pas très actif, et peut être même contestable, au point de vue de la fabrication il est très important.

Le silicate de fer, surtout quand il contient quelques traces d'alcalis, est excessivement fusible, et sa fusibilité est telle, ainsi que l'a constaté Berthier, qu'il s'infiltre dans les parois du creuset où on le chauffe avant que la masse ne soit totalement fondue. C'est lui qui, grâce à cette propriété, détermine la combinaison des éléments actifs du ciment et sert de véhicule à leur cristallisation.

Le calcaire, qui doit être transformé en portland, est disposé dans des fours à cuves par couches successives de pierres et de charbon, comme le minerai des hauts fourneaux; le feu agit successivement sur toute la masse, en se propageant de bas en haut.

Chaque morceau de calcaire se trouve donc à un moment donné dans une atmosphère réductrice, et le fer est ramené à l'état de protoxyde, s'il n'y était primitivement. Quand la température a atteint le degré convenable, le protoxyde de fer et une partie de la silice de l'argile se combinent avec les alcalis pour former un verre qui s'infiltre dans les pores de la pierre, favorise le rapprochement des molécules de chaux, de silice et d'alumine, les met en contact, et détermine leur combinaison. Ce fait est facile à constater. Si l'on taille une lame mince dans un calcaire après le départ de l'acide carbonique et avant tout commencement de fritte, la lame semble composée d'une multitude de petits points blancs, plus ou moins enve-

loppés par une pâte grise. L'aspect est à peu près identique à celui d'une lame de même calcaire avant toute cuisson. La différence est précisément donnée par le fer : dans le calcaire, il se présente sous forme de points noirs à contours nettement définis. Après le départ de l'acide carbonique, ces contours sont, au contraire, légèrement estompés : il y a déjà eu un commencement de fusion.

Si l'on prend ensuite un morceau ayant subi une fritte, on constate la disparition des points noirs et leur remplacement par un verre de couleur très foncé qui s'interpose par filets plus ou moins larges entre des plaques blanches se résolvant, dans la lumière polarisée, en une multitude de cristaux excessivement petits. A cette période de la fabrication, ces cristaux forment avec le silicate ferreux, la totalité du ciment. C'est à eux, je pense, que M. Le Chatelier attribue la formule $2CaO, SiO^2$.

Contrairement à son opinion, je crois que ce sont des silicates doubles d'alumine et de chaux, et voici les faits sur lesquels je m'appuie.

Dans le verre formé par la combinaison du fer, de la silice et des alcalis, trois éléments se trouvent en présence : de la chaux, de la silice, de l'alumine. Ces trois corps sont susceptibles de se combiner de plusieurs manières, mais la première combinaison qui apparaîtra sera celle qui exigera le minimum d'énergie, c'est-à-dire celle qui sera le plus fusible.

Or, d'après les études de Berthier, auxquelles il faut toujours revenir quand il s'agit de combinaisons par la voie sèche, l'alumine et la chaux ne se combinent qu'à des températures excessivement élevées et avec une difficulté extrême.

La silice et la chaux se combinent un peu plus facilement, mais il faut encore que la température soit très élevée; il faut de plus, pour obtenir une masse fondue, avec une quantité de chaleur industriellement pratique, que le rapport de la silice à la chaux soit compris entre des limites différentes de celles que l'on trouve dans les ciments portlands. Dans ces ciments, la chaux est toujours plus abondante que la silice : ils contiennent environ 3 de chaux pour 1 de silice, tandis que les silicates fusibles contiennent au contraire plus de silice que de chaux.

Les mélanges de silice, d'alumine et de chaux, dans les proportions où ils entrent précisément dans les ciments, c'est-à-dire environ 1 d'alumine pour 2 de silice et 6 de chaux, sont au contraire assez fusibles. Tous les chimistes savent que, lorsqu'il s'agit d'attaquer un silicate par la chaux, on facilite beaucoup l'opération en mélangeant au carbonate de chaux une petite quantité d'alumine. Si l'on met en regard de cette propriété le fait que les molécules en présence dans le silicate ferreux sont précisément de la silice, de l'alumine et de la chaux, il paraîtra naturel d'admettre que le corps formé est un silicate double d'alumine et de chaux.

Le fait certain, c'est que le mélange qui doit donner naissance au ciment

portland se sépare, après le départ de l'acide carbonique, en deux parties distinctes : l'une se présente sous l'aspect d'un verre brun foncé; l'autre, à laquelle la première sert de gangue, se présente sous l'aspect de cristaux blancs.

Lorsque le ciment est bien cuit, c'est-à-dire lorsque ses éléments ont été portés à la température qui développe le maximum d'énergie hydraulique, la cristallisation est nette, et tous les cristaux agissent de la même manière sur la lumière polarisée. Il est donc probable qu'ils ont la même composition chimique.

Si l'on continue à élever la température, le silicate double d'alumine et de chaux, et le silicate ferreux, réagissent l'un sur l'autre et l'on voit apparaître de nouveaux cristaux, brillants, fortement polycroïques, orientés par plages, et qui prennent la structure perlitique. En même temps, les cristaux précédents s'agglomèrent et forment des masses plus considérables dont les sections présentent en général la forme d'hexagones.

Lorsqu'il est ainsi cristallisé, les ouvriers disent que le ciment est pierreux. Sa prise est excessivement lente et ses propriétés hydrauliques moins énergiques.

Enfin, si l'on pousse encore la chaleur, la cristallisation s'efface, toute la masse paraît tendre vers la formation d'un verre coloré. A cet état, le ciment n'existe plus; par la pulvérisation on obtient un sable qui, délayé avec l'eau, n'acquiert plus qu'une cohésion insignifiante.

Ainsi donc, les corps qui se forment dans la fabrication du ciment portland varient avec la température. En premier lieu, et avant toute trace de cristallisation, on voit apparaître le silicate ferreux. Les cristaux blancs à section hexagonale viennent ensuite, et enfin les cristaux polycroïques, qui sont bien réellement les derniers formés, car on les trouve parfois à l'état d'inclusion dans les premiers.

Si l'on arrête la cuisson au moment de l'apparition du silicate ferreux, on a une chaux limite impropre à tout emploi; si on la pousse jusqu'à la formation des cristaux polycroïques on a un ciment portland médiocre. Pour obtenir un bon produit, il faut élever la température jusqu'au point nécessaire à la combinaison des éléments qui composent le corps dont les sections se présentent sous l'aspect d'hexagones.

Est-ce à ce corps, quelle que soit d'ailleurs sa formule, qu'il faut attribuer la prise des gangues hydrauliques et leur durcissement sous l'eau? Je ne le pense pas, car on ne le retrouve ni dans les ciments prompts, ni dans les chaux.

J'ai déjà signalé l'identité d'aspect entre une lame de calcaire argileux cru, et une lame du même calcaire transformé par la cuisson en ciment prompt. L'une et l'autre sont composées essentiellement de petits grains blancs enveloppés dans une pâte grise. Les cristaux n'apparaissent que si

l'on pousse assez la cuisson pour fritter la pierre, c'est-à-dire si l'on transforme le ciment prompt en ciment portland.

La cristallisation et la lenteur de prise sont donc deux faits corrélatifs, mais ce n'est pas le corps cristallisé qui donne au ciment la faculté de faire prise, puisqu'il la possédait avant sa formation.

La fabrication des ciments, dont je m'occupe depuis bientôt huit ans, et l'étude de leurs résistances, m'ont conduit à chercher la solution du problème dans une voie où personne ne s'était encore engagé, et, en raison de cette circonstance, il peut être intéressant de faire connaître les observations que j'ai recueillies, tout incomplètes qu'elles soient. Je n'ai pas la prétention de faire mieux, ni même aussi bien que mes devanciers, car je n'ai pas leur connaissance approfondie des lois de la chimie; mais j'ai beaucoup lu les ouvrages de L. Vicat, et j'ai été à même, plus que tout autre, de largement profiter de l'expérience acquise par son fils, qui lui a servi d'aide dans tous ses essais, et qui n'a jamais cessé d'expérimenter les chaux et les ciments.

J'ai dit qu'une lame de calcaire argileux et une lame de ciment prompt étaient identiques. Cela n'est vrai, bien entendu, qu'au point de vue physique. Au point de vue chimique, il y a une différence profonde : elle résulte non seulement de l'expulsion de l'acide carbonique, mais surtout de la transformation de l'argile insoluble du calcaire en argile soluble. Ce dernier fait me paraît suffisant pour expliquer toutes les propriétés des gangues hydrauliques sans faire intervenir les silicates et les aluminates dont personne jusqu'à ce jour n'a pu démontrer directement l'existence.

J'estime que la consolidation de ces gangues est un phénomène d'ordre purement physique, analogue à celui qui a produit, dans la nature, la consolidation des grès à ciment siliceux.

Lorsqu'une eau contenant de la silice gélatineuse en dissolution, ou plutôt en suspension, passe à travers une masse de sable, elle se filtre et abandonne les matières entraînées. La silice empâte les grains de sable; à mesure qu'elle se dépose, l'accès de l'eau devient plus difficile. La silice alors s'égoutte, sèche, durcit, et la masse de sable, au bout d'un temps plus ou moins long, devient un grès.

Une chaux grasse, quand elle est fusée, n'est en réalité qu'une masse de sable. Lorsqu'on humecte un morceau de chaux vive, l'eau est rapidement absorbée et une combinaison chimique se produit en dégageant de la chaleur. Une partie de cette chaleur devient sensible en élevant la température du corps, mais une autre partie reste à l'état latent et est employée à vaincre la cohésion des molécules de chaux, qui retombent les uns à côté des autres, sans aucune liaison. Quelle que soit la ténuité de la poussière ainsi formée, elle constitue donc un sable dont tous les grains sont des particules de chaux plus ou moins hydratées, indépendantes les unes des

autres. Si l'on ajoute de l'eau, on augmente la division de la matière, mais on ne donne naissance à aucun élément capable de produire une agglutination quelconque.

Examinez au microscope la pâte formée par une pareille chaux, en l'écrasant entre deux lames de verre, et vous n'apercevrez qu'une multitude de petits grains toujours indépendants les uns des autres.

Une chaux hydraulique me paraît n'être en réalité qu'un mélange de chaux grasse et d'argile gélatineuse, c'est-à-dire un composé analogue au grès. Les faits sur lesquels j'appuie cette opinion sont précisément ceux que j'ai précédemment cités.

C'est d'abord l'analogie physique entre une lame mince de calcaire argileux cru, et une lame mince du même calcaire transformé par la cuisson en ciment prompt. Le calcaire est bien évidemment un mélange de carbonate de chaux et d'argile : cela résulte de son mode même de formation. Le ciment doit donc aussi être un simple mélange de chaux et d'argile, puisque ses éléments ont conservé les uns par rapport aux autres les mêmes positions. S'il y avait eu combinaison, c'est-à-dire création d'un corps nouveau, il me semble qu'il y aurait eu transport de l'argile vers la chaux, et par conséquent remaniement de la masse.

Mais comment l'argile insoluble du calcaire est-elle transformée en argile soluble, s'il n'y a pas combinaison? Je l'ignore et me borne à constater le fait. Sa possibilité est facile à constater : il suffit de chauffer ensemble du carbonate de chaux et de l'argile pulvérisés et intimement mélangés dans la proportion qui correspond aux chaux hydrauliques ou aux ciments. Le mélange, sans cesser d'être pulvérulent, devient entièrement soluble dans les acides.

Vicat a démontré d'ailleurs, dans ses études sur les pouzzolanes, que la chaleur seule pouvait produire la transformation. En soumettant des argiles, composées exclusivement de silice, d'alumine et d'eau, à une cuisson normale, c'est-à-dire à l'action d'une température de 600 à 700 degrés centigrades, soutenue jusqu'au moment où l'hydrosilicate alumineux arrive à peu près à l'état anhydre, il les a rendues solubles en grande partie dans les acides et les alcalis.

En second lieu, une chaux hydraulique pulvérisée, ou un ciment, est entièrement décomposable par l'eau. Or, si la consolidation de la chaux résultait de la formation d'un sel composé de silice, d'alumine et de chaux, comment ce sel pourrait-il se former lors de l'emploi du mortier, c'est-à-dire quand la chaux et le sable sont mélangés avec de l'eau, puisqu'il est décomposable par l'eau?

Enfin, une pâte de chaux hydraulique, étendue entre deux lames de verre et examinée au microscope, se sépare en grumeaux qui se soudent les uns aux autres; sur les bords les particules de chaux paraissent englo-

bées dans une espèce de gelée. Si on presse les deux lames, l'eau expulsée entraîne des grains de chaux qui se déposent, sans liaison, les uns à côté des autres et se distinguent nettement de la partie grumelée.

S'il existait une combinaison quelconque, silicate de chaux, aluminate de chaux, silicate double d'alumine et de chaux, ayant le privilège de l'hydraulicité, comment expliquer que la dureté d'une chaux soit la même en tous ses points ? Dans ce cas, il me semble qu'il devrait se former, dans les chaux peu hydrauliques, des grains très durs, comme les rognons siliceux de certaines craies, simplement reliés par une pâte de chaux grasse. Or, il n'en est pas ainsi : quand on coupe une pareille chaux, après sa prise, on sent une résistance analogue, suivant l'expression de Vicat, à celle du savon sec, c'est-à-dire à celle d'une pâte parfaitement homogène.

Tous ceux qui étudient les gangues hydrauliques savent que la dureté des briquettes d'essai est plus considérable à la surface qu'au centre. Si la consolidation était le fait d'un silicate quelconque, le phénomène inverse devrait se produire, car c'est précisément à la surface de la briquette que la carbonatation de la chaux est le plus considérable. C'est donc là que le silicate de chaux, s'il existait, serait le plus décomposé, et aurait par conséquent le moins de résistance.

Quand l'hydrate de chaux grasse a durci, sa cassure est nette et compacte ; elle ressemble à celle des calcaires à grains très fins. La cassure de l'hydrate de chaux, éminemment hydraulique, après six mois de durcissement, est, au contraire, criblée de trous excessivement petits. De là vient que la carbonatation est bien plus rapide, ainsi que l'a constaté Vicat, dans les chaux hydrauliques que dans les chaux grasses (1).

Ces faits, qui me paraissent peu explicables avec la théorie de sels définis, ne présentent pas de difficultés avec celle d'un simple mélange.

Lorsque dans la masse sableuse constituée par les particules de chaux grasse, après fusion, on introduit une certaine quantité d'argile gélatineuse, cette argile forme un espèce de réseau qui empâte les particules de chaux, de même que dans les grès elle empâte les grains de sable. La consolidation se produit par la dessiccation de l'argile et la carbonatation de la chaux. C'est un phénomène du même genre qui a constitué les granits. Dans la masse, où se trouvaient pêle-mêle la silice, l'alumine, la chaux, la potasse, etc., le quartz en refroidissant a formé un squelette dont les cavités ont été bouchées par les feldspaths et les micas qui ont cristallisé ultérieurement. De même dans les chaux hydrauliques, l'argile en séchant forme un réseau dont les cavités sont bouchées par la chaux grasse qui, sous l'influence de l'air, se transforme peu à peu en carbonate

(1) Il exposa des cubes de chaux grasse et de chaux hydraulique, dans des conditions identiques, à l'action de l'air. Après un an l'acide carbonique avait pénétré à 0,006 de profondeur dans les chaux hydrauliques, et à 0,003 seulement dans les chaux grasses.

de chaux. En vertu de cette carbonatation la résistance des chaux doit toujours aller en augmentant et être plus forte à la surface qu'à l'intérieur, ce qui est conforme aux faits ; elle doit aussi augmenter à mesure que les mailles du réseau se rétrécissent, c'est-à-dire à mesure que la quantité d'argile augmente, ce que l'expérience confirme également.

Une chaux hydraulique atteint sa cohésion maxima plus vite qu'un grès parce que du premier coup on apporte dans le mélange les matériaux nécessaires à la consolidation et que la chaux en s'hydratant absorbe l'eau, développe de la chaleur (1), et durcit l'argile, tandis que le sable des grès est inerte.

Le phénomène de la consolidation n'est pas due à une cristallisation, même confuse, comme on l'avait supposé. Si l'on taille en lames minces des chaux, ou des ciments ayant fait prise et qu'on les observe entre les nicols croisés du microscope, on aperçoit bien des cristaux, ou plutôt des agglomérations de cristaux, souvent fort belles, mais elles sont à l'état isolé. La lame paraît composée de petits cristaux indépendants les uns des autres et entourés d'une gangue amorphe (2). Ce n'est donc pas à eux qu'il faut attribuer la consolidation, mais bien à la gangue dans laquelle ils sont disséminés.

Si la solidification des chaux hydrauliques est le fait de l'argile, sans combinaison, comment expliquer l'anomalie présentée par les chaux limites? La raison m'en paraît simple.

Lorsqu'on humecte une chaux grasse, elle fuse avec rapidité. Si l'on prend une chaux hydraulique, la fusion se produit encore, mais d'autant plus lentement que la chaux contient plus d'argile. C'est que, dans ce cas, l'argile, devenue gélatineuse par la cuisson, enveloppe les molécules de chaux et gêne leur hydratation.

Dans les chaux limites, la quantité d'argile est telle qu'il ne peut se produire qu'une hydratation incomplète. La pierre s'effrite, mais une partie de la chaux reste enveloppée dans l'argile et ne s'hydrate qu'avec une lenteur extrême.

Si on pulvérise cette chaux, on favorise l'hydratation. Suivant la finesse de mouture, l'eau est plus ou moins absorbée, et la chaleur qui résulte de cette absorption sèche et durcit immédiatement l'argile. Une prise rapide se produit. Mais bientôt les grains de chaux, restés à l'état anhydre, s'hydra-

(1) L'élévation de température pendant la prise a été mesurée par M. Tetmajer, professeur à l'École polytechnique de Zurich; elle est toujours très sensible.

(2) Ces cristaux agissent presque tous très énergiquement sur la lumière polarisée. Ils me paraissent de deux natures différentes : les uns se sont évidemment formés après le gâchage de la chaux; les autres, en plus grand nombre, sont le résultat d'une mouture imparfaite. Dans les portlands on retrouve ces cristaux colorés que j'ai considérés comme provenant de la réaction du silicate ferreux sur le silicate double d'alumine et de chaux; C'est peut-être à leur décomposition lente et tardive qu'il faut attribuer le phénomène du léger relâchement qui se produit dans les ciments quelques mois après leur emploi.

tent à leur tour; ils augmentent de volume, et sous l'influence de la pression développée, la masse se fend et tombe en poussière.

Pour utiliser les calcaires à chaux limites que faut-il donc faire?

Le premier procédé consiste à réduire la chaux en poudre tellement fine, que l'eau puisse atteindre toutes les molécules dans un temps inférieur ou, au plus, égal au temps de fabrication du mortier. Il est appliqué aux calcaires, éminemment siliceux, d'où l'on tire les produits désignés sous le nom de *Ciments de grappiers*.

Le second procédé consiste à engager la silice dans une combinaison facilement décomposable par l'eau. Il est utilisé pour la fabrication des *Ciments portlands artificiels*. A propos des expériences de M. Le Chatelier j'ai expliqué les phénomènes qui se produisent pendant la cuisson, et la formation d'un silicate double d'alumine et de chaux. Quand le ciment pulvérisé est gâché avec l'eau, ce sel est décomposé et donne naissance à un silicate d'alumine, qui joue le rôle de l'argile des chaux hydrauliques, et à de la chaux caustique qui s'hydrate, échauffe la masse, sèche le silicate d'alumine et le durcit. La consolidation est progressive et s'effectue avec d'autant plus de rapidité que le ciment aura été réduit en poussière plus fine.

Je ne puis discuter ici ces deux méthodes, qui sont employées l'une et l'autre. Mais il est évident que si les gangues hydrauliques ne sont, comme je l'ai supposé, qu'un mélange de chaux et d'argile soluble, la meilleure sera celle qui permettra à la chaux de s'hydrater le plus rapidement et surtout le plus régulièrement.

Il me resterait à donner une explication du phénomène de la prise des ciments prompts. Ce que je viens de dire des chaux limites peut la faire deviner. Ces ciments sont moulus au sortir du four, et la chaux qu'ils contiennent reste à l'état anhydre. Quand on les gâche, elle s'hydrate, échauffe la masse et durcit l'argile; la consolidation est immédiate. Ce qui tend à prouver que le rôle de la chaux est bien réellement celui que je lui assigne, c'est que si on laisse le ciment prompt exposé à l'air, il perd ses qualités; *il s'évente*, suivant l'expression usuelle. La chaux subit en effet une extinction spontanée, et au moment de l'emploi, la chaleur dégagée par l'hydratation devenant insuffisante, la prise ne s'effectue qu'avec lenteur : le ciment n'est plus guère qu'une chaux hydraulique. En second lieu, si on pousse la cuisson jusqu'à cristallisation des éléments constituants, a chaux, engagée dans une combinaison, n'agit plus qu'après la décomosition par l'eau de cette combinaison; la prise est ralentie : le ciment ompt devient un portland. Inversement une chaux hydraulique moue vive au sortir du four fait prise comme un ciment, alors qu'éteinte par mersion et fusée elle ne commence à durcir qu'après quelques jours.

Mais pourquoi l'argile des ciments prompts n'empêche-t-elle pas, comme

celle des chaux limites, l'hydratation rapide de la chaux? Il y a là un phénomène dont je ne vois pas la cause. Pour la trouver il faudrait isoler le silicate d'alumine des autres corps avec lesquels il est mélangé, et je ne connais aucun moyen d'obtenir ce résultat. Mais comme deux calcaires, laissant le même résidu insoluble dans les acides, ne donnent pas des ciments de qualité égale, je serais tenté d'admettre qu'il existe dans l'argile de ces calcaires des états moléculaires analogues à ceux que l'on rencontre dans les argiles plastiques. Tous les potiers savent qu'il y a des argiles qui fusent, c'est-à-dire qui s'hydratent très rapidement, et d'autres, au contraire, qui n'absorbent l'eau qu'avec une extrême lenteur. Ces deux catégories se rencontrent souvent dans un même banc; au milieu d'une masse très fusible, il y a des nodules qui ne se pétrissent qu'avec une grande difficulté. Il est possible que le silicate d'alumine des ciments prompts présente une modification analogue. Je laisse à de plus habiles le soin de résoudre la question.

Quant aux calcaires contenant plus de 30 0/0 d'argile, l'infériorité des produits qu'ils fournissent provient de ce que la transformation de l'argile insoluble qu'ils renferment en argile soluble ne se fait qu'imparfaitement; une partie reste à l'état primitif et fait par conséquent l'office d'une terre, c'est-à-dire qu'elle diminue la résistance du ciment avec une très grande rapidité.

Cette manière d'envisager les gangues hydrauliques n'est pas entièrement nouvelle; L. Vicat y avait été conduit par ses belles études sur les pouzzolanes, et il la formulait ainsi : *Une chaux hydraulique, ou silicate d'alumine et de chaux, ne peut subir l'extinction qu'autant que la chaux caustique se sépare, en tout ou en majeure partie, de la combinaison. Il peut donc se faire que cette chaux, fraîchement éteinte, ne soit qu'un simple mélange de chaux hydratée et d'argile gélatineuse.*

C'est en cherchant à expliquer cette hypothèse que j'ai été conduit aux conclusions précédentes. Mes observations sont incomplètes, je crois cependant que la voie indiquée est celle dans laquelle on trouvera la véritable solution du phénomène de la prise. Il est certain qu'il y a un très grand nombre de faits, soit dans la fabrication des ciments, soit dans leur emploi, qui sont justifiés par la pratique et que les théories de Rivot et de Fremy non seulement n'expliquent pas, mais contredisent formellement. L'hypothèse d'un simple mélange permet, au contraire, de les interpréter d'une manière toute naturelle. J'en ferai l'objet d'une seconde note si mes occupations m'en laissent le loisir.

Les industriels, surtout à l'époque où nous vivons. sont trop absorbés par les faits économiques, pour se livrer à des études qui exigent du temps, de la patience et des observations régulières et suivies. Chez eux la lutte pour l'existence est à l'état aigu, et le perfectionnement d'une

machine, la création de débouchés nouveaux, ont plus d'importance que l'établissement d'une théorie qui ne modifierait probablement pas leurs procédés de fabrication. Ces recherches spéculatives sont le domaine propre des savants, et il serait à souhaiter que quelqu'un d'entre eux pût continuer et compléter les travaux de L. Vicat.

M. Ph. CERROTI

Lieutenant général du Génie italien, à Rome.

DÉMONSTRATION ANALYTIQUE DE L'INCOMPATIBILITÉ DE L'HYPOTHÈSE DU PRISME DE PLUS GRANDE POUSSÉE DES TERRES

Au paragraphe 194 de son docte Manuel de mécanique appliquée (Glascow, mai 1858), paragraphe qu'il a tiré de son Mémoire sur la stabilité des travaux en terre granuleuse, publié dans les *Philosophical Transactions* de 1856-57, Rankine a écrit, en parlant de la poussée des terres : « Les recherches qui ont été faites sur ce sujet sont toutes basées, à ce que nous sachions, sur un artifice ou sur une hypothèse telle que celle du « *coin de moindre résistance* » de Coulomb. Quoique dans beaucoup de cas elles conduisent à des solutions exactes, nous les écarterons comme n'étant pas d'une application assez générale et comme ne satisfaisant pas l'esprit au point de vue scientifique. »

Il ne s'est pas occupé de démontrer cette grave affirmation. Au contraire, il s'est arrêté, sans recourir à nul artifice ou hypothèse, à proposer un autre principe, et en a tiré la conséquence erronée que la poussée résultant d'un terre-plein contre son soutènement est toujours dirigée parallèlement à la ligne de pente du plan par lequel se termine supérieurement la masse poussante.

Ce principe, qu'il a donné comme règle au paragraphe 198 dudit Manuel, a été d'abord signalé comme erroné par M. Darwin dans les Actes de la Société des Ingénieurs civils de Londres (1882); tandis que M. Gobin, dans les Annales des Ponts et Chaussées (1883) en a établi l'erreur par son important mémoire, qui obtint à Paris, il y a peu de temps, la médaille d'or. Personne, que je sache, n'a encore démontré cette simple assertion de Rankine, c'est-à-dire que l'*hypothèse du prisme de plus grande poussée, ou coin de moindre résistance, n'est pas d'une application assez générale, et ne satisfait pas l'esprit au point de vue scientifique.*

Au contraire, non seulement dans les traités auxquels il fait allusion, mais encore dans les études plus récentes, l'on continue à appliquer sans restriction cette hypothèse; et ceux qui, pour suivre une voie différente, partent d'un autre principe, s'efforcent de s'accorder entièrement avec elle, comme si c'était une preuve indiscutable.

Cependant, rien qu'à l'appliquer, l'hypothèse dont nous parlons se révèle, sans aucun doute, erronée à ceux qui l'observent sous le principe d'action. L'on doit cela à l'omission d'un terme sûr et indubitable, omission qui, en général, prouve l'erreur de la théorie qu'on a adoptée, et on a, presque toujours, besoin d'une quantité de maçonnerie supérieure à ce qu'il faudrait pour obtenir l'équilibre supposé.

C'est pour cela que je demande la permission de faire remarquer ladite omission; d'autant plus que moi aussi j'ai reproduit, pour comparaison, dans une théorie rationnelle sur la poussée des terres, cette démonstration sur l'hypothèse de Coulomb, qui fut donnée par Prony, amplifiée par Français et reproduite par Xavier, Venturoli, etc.

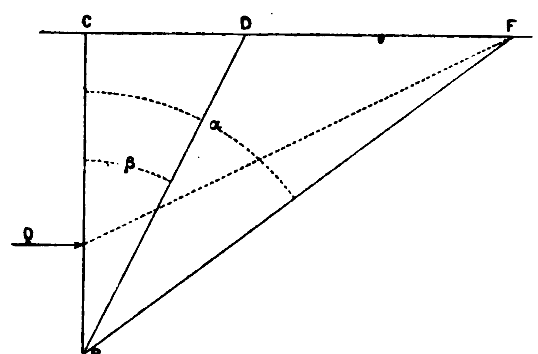


Fig. 45.

En supposant le prisme de plus grande poussée CBD (figure. 45), si nous désignons par h la hauteur BC, δ le poids spécifique de la terre, et β l'angle que le plan de rupture BD fait avec la verticale, le prisme CBD pèsera dans l'unité de longueur, $\frac{\delta h^2}{2}$ tang β. De tout ce poids on obtient, par le moyen ordinaire, la composante $\frac{\delta h^2}{2}$ tang β cos β, qui le pousserait en bas tout le long du plan neutre ou de rupture BD. Et alors, en imaginant une force horizontale opposée Q, qui au moyen du plan vertical BC le tienne en équilibre, on peut justement dire que l'on devrait avoir les résistances complètement égales à cette unique force décroissante, c'est-à-dire :

$$Q\sin\beta + Q\cos\beta\ \text{cotg}\,\alpha + \frac{\delta h^2}{2}\text{tang}\,\beta\ \sin\beta\ \text{cotg}\,\alpha = \frac{\delta h^2}{2}\text{tang}\,\beta\ \cos\beta,$$

α étant l'angle de glissement naturel des terres, et par conséquent cotg α leur coefficient de frottement ; on aura cependant :

$$Q = \frac{\delta h^2}{2}\text{tang}\,\beta \times \frac{\cos\beta - \sin\beta\ \text{cotg}\,\alpha}{\sin\beta + \cos\beta\ \text{cotg}\,\alpha} = \frac{\delta h^2}{2}\text{tang}\,\beta\ \text{tang}\,(\alpha - \beta).$$

D'où, si l'on veut Q de la plus grande valeur, ce devra être $\beta = \frac{1}{2}\alpha$, en raison du principe géométrique que, étant donné un angle α non excédant 90°, et en le divisant en deux parties, le produit des tangentes des deux angles partiels sera le maximum lorsque ceux-ci sont égaux entre eux. Et pour cela on aura en conclusion :

$$Q = \frac{\delta h^2}{2} \operatorname{tang}^2 \frac{1}{2}\alpha.$$

Il est aussi vrai que le poids absolu du prisme de plus grande poussée (que nous supposons) déterminé par l'angle partiel β, inconnu, est

$$\frac{\delta h^2}{2} \operatorname{tang} \beta ;$$

et que pour cela sa force décroissante tout le long de la pente neutre DB serait sans discussion $\frac{\delta h^2}{2} \operatorname{tang}\beta \cos\beta$, si le tout entier, comme un solide libre, avait pour unique appui ce plan incliné, le long duquel il pourrait glisser librement. Si ce n'est que la force qui s'y oppose, par l'intermédiaire de la paroi verticale BC, pourra bien être une horizontale Q, qu'on devra, bien entendu, appliquer à $\frac{1}{3}$ de la hauteur de la paroi ; mais dans cette paroi se réveillera nécessairement la résistance de frottement qui, en la supposant, comme on l'admet en pratique, égale à l'angle de frottement entre les terres, sera exprimée par $Q \operatorname{cotg} \alpha$, et qui sert en même temps à soulager la charge du prisme sur le plan incliné de rupture. De manière que le prisme ne gravitera pas sur cette pente DB de tout son poids, duquel on avait la susdite décomposante parallèle

$$\frac{\delta h^2}{2} \operatorname{tang}\beta \cos\beta,$$

mais, au contraire, il y gravitera avec un poids moins grand, dont la décomposante (si le prisme dont nous parlons était un solide raide, et s'il était le seul à ressentir entièrement cette résistance $Q \operatorname{cotg} \alpha$) serait évidemment réduite à

$$\left(\frac{\delta h^2}{2} \operatorname{tang}\beta - Q \operatorname{cotg}\alpha\right) \cos\beta.$$

A ce point paraissent deux difficultés :

I. Lorsqu'il s'agit d'une substance sans cohésion, pourra-t-on désigner précisément par $Q \operatorname{cotg} \alpha$ la partie de poids soustraite au terre-plein par sa paroi de soutènement ?

II. Et lorsqu'on connaît aussi cette partie de poids, renversée (pour ainsi dire) sur ladite paroi verticale par le terre-plein agissant tout entier, qui est tout le prisme triangulaire superposé au talus de glissement BF,

quelle portion en devrait-on attribuer au prisme partiel de plus grande poussée ?

Pour mon compte je pourrais répondre à la première question (à laquelle est aussi subordonnée la seconde) que la partie soustraite est vraiment plus petite; comme elle me résulte, sur la base de la théorie rationnelle déjà citée, mais en fonction nécessaire de 2. Mais ensuite, profitant aussi de cette notion obtenue par d'autre voie, quand même on pût préciser cette valeur du poids soustrait par le frottement de la paroi, on ne saurait pas dire de quelle manière sera partagée cette résistance sur les deux parties du terre-plein agissant tout entier; et par conséquent, même en empruntant cette valeur de la soustraction totale du poids, on ne peut pas donner de réponse convenable à la seconde question.

Par conséquent, puisque tout reste dans l'incertitude, on ne peut plus continuer sur cette voie, et l'on est nécessairement contraint à la conclusion suivante:

CONCLUSION

L'hypothèse du prisme de plus grande poussée des terres, comme on le considère, c'est-à-dire entièrement libre et gravitant seulement sur le plan incliné de rupture, n'est pas soutenable; parce que, dans la pratique, une partie de son poids est élidée à cause du frottement avec la paroi de soutènement. Et Rankine avait bien raison de la refuser (quoique dans beaucoup de cas elle conduise à des solutions exactes) parce qu'il ne la voyait pas d'une application assez générale, et ne croyait non plus qu'elle pût satisfaire l'esprit au point de vue scientifique.

Il ne nous profitera non plus de considérer, sur cette pente, le prisme susdit privé de la partie de son poids qui est absorbée par la paroi, et que nous pourrions connaître au moyen d'autres calculs différents. Et cela parce que cette partie est soustraite à toute la masse de terre agissante CBF, et non seulement au prisme partiel qu'on appelle de plus grande poussée; et parce que nous ne savons pas en quelle proportion elle doit être attribuée à ce dernier.

Et puisque ce terme aussi dépend de la contre-poussée horizontale, que l'on recherche, tout cela va constituer une pétition de principe lorsqu'on voudra fixer l'équation correspondante; de manière qu'on ne pourra pas obtenir, par celle-ci, la valeur demandée de ladite poussée Q.

Aussi (si l'on fait exception de l'état liquide de la masse, dans lequel on a tout entière la poussée horizontale, le frottement étant nul) en ce ce qui regarde les masses granuleuses, l'hypothèse dont nous parlons nous mène, presque par hasard, à connaître partiellement cette poussée; c'est-à-dire uniquement lorsqu'il s'agit de ces terre-pleins qui ont une épaisseur non mineure de la tangente de l'angle $\frac{1}{2}\alpha$. Et même dans ce

cas on ne l'obtient pas nette, car on la trouve, au contraire, supérieure à ce qu'elle devrait être véritablement; parce qu'on y admet (comme j'ai déjà fait noter) la transposition arbitraire de cette partie de poids qui est absorbée, à cause du frottement, par la paroi de soutènement, en la considérant aussi comme appuyée, soit dans sa totalité, soit partiellement sur le plan incliné DB.

Je crois cependant qu'il est indispensable de considérer le terre-plein dans la double fonction simultanée en sens *horizontal* et *vertical*, c'est-à-dire dans la direction résultante inclinée comme il agit naturellement; et cela en se tenant au principe d'action de toute la masse agissante sur le talus de glissement naturel des terres.

M. THIERVOZ

Directeur de la Voirie et des Eaux, à Grenoble.

NOTES SUR LES EAUX DE GRENOBLE ET SUR LES TRAVAUX EN CIMENT

— *Séance du 19 août 1885* —

La ville de Grenoble est alimentée actuellement par diverses sources d'un volume total minimum de 6 000 litres à la minute, soit 160 litres par jour et par habitant. En présence de ce faible volume et du défaut de pression qui ne permettait pas de desservir tous les étages, M. le maire invitait le Service municipal de la voirie et des eaux à présenter un projet d'adduction d'eau.

Après discussion sur le principe des eaux tout à la fois industrielles et potables, le conseil municipal admettait les eaux simplement potables et choisissait les sources de Rochefort, situées à $10^{k},200$ de Grenoble, d'un volume minimum de 500 litres à la *seconde* et donnant, par l'action de la gravitation, toute perte de charge déduite, plus de 20 mètres de hauteur de pression sur tous les points de la ville, c'est-à-dire permettant de desservir les étages élevés de toutes les maisons. La température varie entre 10°,25 et 12°,75; le titre hydrotimétrique est de 17°, et le résidu salin obtenu par l'évaporation lente et totale d'un litre d'eau des sources de Rochefort s'élève à $0^{gr},237$, se répartissant comme il suit :

Silice..	0.011
Carbonate de chaux avec trace de magnésie........	0.133
Sulfate de chaux................................	0.062
Sulfates et traces de chlorures alcalins....	0.031
Pas de traces de matières organiques.	

Cette composition rapproche les eaux des sources de Rochefort des eaux potables les meilleures données comme types.

Pendant la préparation du projet définitif, M. le maire traitait à l'amiable toutes les indemnités de terrains, y compris achat des sources, et dans des conditions qui garantissaient tout à la fois les intérêts de la ville et ceux des propriétaires traversés.

Le conseil ratifiait ensuite ces traités. En agissant ainsi rapidement, l'administration évitait les formalités de déclaration d'utilité publique, d'enquête d'expropriation. Bien des projets échouent souvent pendant toutes ces trop longues formalités, donnant lieu à des discussions.

Tous les préliminaires remplis, le projet définitif de Rochefort était soumis à l'approbation du conseil municipal; c'est à ce moment que M. Lory, doyen de la Faculté des sciences de Grenoble, présenta son intéressante étude sur la tuberculisation de la fonte, phénomène qui avait été observé pour la première fois, à Grenoble, par M. Gueymard, ingénieur en chef des Mines, et qui, depuis, a été malheureusement constaté dans bien des villes. Pour permettre les recherches de M. Lory, des tuyaux en fonte furent plongés dans diverses sources autour de Grenoble, et, par cette expérience directe, on constata qu'un tuyau de fonte, après six mois d'immersion dans l'eau de Rochefort, était parfaitement intact, tandis que des tuyaux semblables, plongés dans les eaux de la nappe ou dans quelques sources, s'étaient déjà tapissés de tubercules.

On ne saurait donc trop engager les futurs rédacteurs de projets d'adduction d'eau à renouveler l'expérience directe et à plonger, pendant environ un an, des tuyaux en fonte dans les sources, que l'on peut ensuite proposer sans aucune crainte pour les tuyaux de fonte.

Dans le cas où les pressions ne dépasseraient pas 15 mètres, nous pensons qu'il est préférable d'adopter les tuyaux en ciment. Pas de tuberculisation à redouter avec eux; d'autre part, on constate que la résistance va en augmentant d'année en année; c'est ainsi qu'un tronçon de conduite, exécuté en 1852, avec la formule $\frac{DH}{30}$, calculée pour résister à 15 mètres de pression, s'est rompu à 135 mètres de pression, à l'expérience faite en 1882, soit trente ans après; enfin le ciment permet de réaliser des économies importantes, car le prix des tuyaux en fonte mis en place, joints et autres frais compris, mais tranchée non comprise, peut être évalué à raison de $0^f,90$ le centimètre de diamètre intérieur; c'est ainsi qu'un tuyau de fonte de $0^m,10$ de vide coûterait, mis en place, 9 francs, la fonte étant payée, rendue à pied-d'œuvre, $18^f,20$ les 100 kilogrammes, sans 1/20 ni 1/10, tandis que les tuyaux en ciment, pour 5 mètres de pression, coûtent $0^f,20$ le centimètre; pour 10 mètres, $0^f,30$; pour 15 mètres, $0^f,45$ le centimètre.

Par conséquent, pour des pressions variant entre 0 et 15 mètres, le

ciment doit être employé préférablement à la fonte; au-delà de cette dernière pression, il y aurait insécurité et on n'aurait, du reste, aucun intérêt, puisqu'à 20 mètres de pression le coût du ciment devient à peu près égal à celui de la fonte et que, pour les gros diamètres, l'épaisseur est telle que le coulage et moulage du tuyau présentent de véritables difficultés.

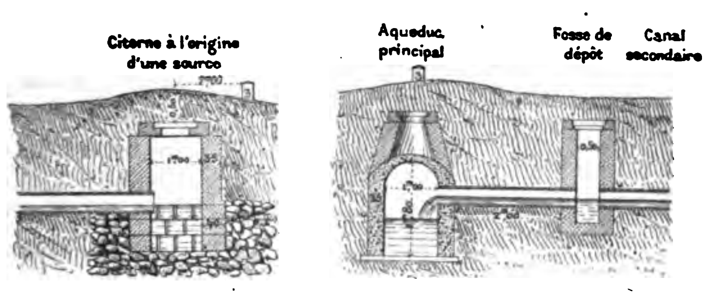


Fig. 46.

Pied-droit et radier en béton de ciment : prix du mètre courant, non compris la tranchée et les regards, 40 francs. — Conduite en béton de ciment, avec diamètres de 0.30, 0,40 ou 0,50, suivant l'importance de la source ; épaisseur uniforme, 0.07 : prix moyen du mètre courant, 5 fr. 20, non compris la tranchée. — Fondation en blocs factices de béton de ciment posés, non jointifs pour former barbacanes : prix du mètre cube mis en place, 40 fr. 80.

Pour toutes ces raisons, le ciment a été employé à la distribution de Rochefort, soit aux conduites étanches qui, partant des sources, se dirigent vers l'aqueduc principal, soit à cet aqueduc de captage, soit encore à l'aqueduc libre entre la citerne et le Drac, soit enfin aux conduites jumelles, entre la sortie du siphon et 2 700 mètres à l'aval du village de Pont-de-Claix.

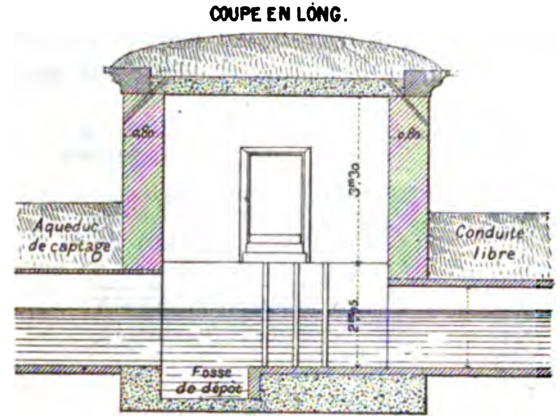
Le ciment a encore été adopté dans le revêtement des puits et de la galerie du siphon. Le captage de Rochefort a été fait en vue de recueillir la totalité de la source et d'empêcher les eaux recueillies de se perdre plus ou moins partiellement sur le parcours; enfin, par un fossé de ceinture au pied du coteau, on a conduit les eaux étrangères dans le chenal d'appel que l'on avait creusé au début des travaux.

Les travaux de captage, comprenant chambre des sources, aqueduc collecteur, conduites de captage, regards, puisards, avant la jonction de chaque embranchement avec la conduite de captage, sont repérés sur le terrain par des bornes indicatrices en pierre de taille.

La traversée du torrent du Drac a donné lieu à des conférences spéciales. Une commission technique, après avoir examiné les avantages et inconvénients des diverses solutions présentées, donnait la préférence au siphon, à section elliptique de $3^m,02$ de largeur et $1^m,80$ de hauteur.

Dans ce siphon sont logées les deux conduites en fonte de $0^m,70$ de diamètre, laissant entre elles un vide suffisant pour le passage d'un homme.

La commission technique adoptait le siphon composé de deux puits verticaux et d'une galerie horizontale, moins coûteux que le siphon à galerie horizontale et puits inclinés; le siphon était surtout moins coûteux que le pont aqueduc.



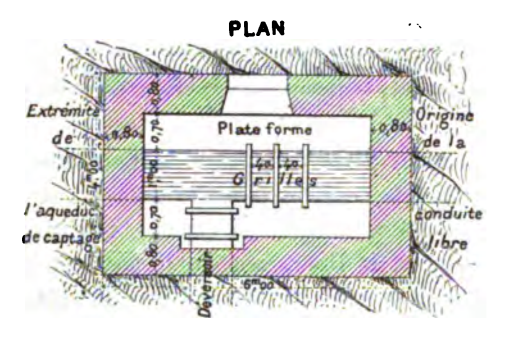


Fig. 46 *bis*.

Citerne de réunion à l'extrémité du champ des sources (côté aval).

Le projet complet de Rochefort, comprenant captage, amenée et distribution, s'élèvera à deux millions de francs.

Si l'on ajoute les 400 000 francs, coût des colonnes montantes et des embranchements que la Ville propose d'offrir gratuitement à ses concessionnaires, afin de développer rapidement le nombre des concessions, on trouve que le prix de revient du litre à la minute, coulant constamment, est de 80 francs. Dans ces conditions, et la Ville exploitant elle-même, on a pu adopter un tarif avec prix très réduit.

C'est ainsi que les futurs abonnés payeront le mètre cube 0f,055, alors que

Paris, Rennes, Rouen, le Havre font payer.........	0f 30
Orléans..	0.27
Clermont.......................................	0.25
Saint-Étienne, Toulouse........................	0.20
Lyon, Reims, Angers............................	0.18
Bordeaux.......................................	0.15
Dijon, Lille...................................	0.14
Genève, Limoges, Nancy.........................	0.10
Bienne, Berne..................................	0.07

Pour les robinets à discrétion, dit de ménage, le conseil municipal a proposé le demi-tarif pour toutes les locations inférieures à 300 francs; moyennant 12 francs par an, les locataires de ces appartements pourront

avoir de l'eau à discrétion; les enfants au-dessous de sept ans ne paieront aucun droit pour les concessions dites de ménage.

Enfin, de nombreuses bornes-fontaines, plus nombreuses que dans aucune autre ville, permettront à la classe peu aisée de puiser gratuitement l'eau nécessaire à ses besoins, sans lui imposer un parcours moyen horizontal supérieur à 50 mètres. Ce sont là, évidemment, des conditions exceptionnelles qui, tout en assurant l'amortissement du capital engagé, transformeront la ville; les 1 000 litres par jour et par habitant dont on peut disposer permettront de gaspiller l'eau. Grenoble aura assez d'eau, puisqu'il en aura trop. Enfin, les 36 000 litres à la minute donneront le plus puissant agent d'assainissement et de décoration de la cité.

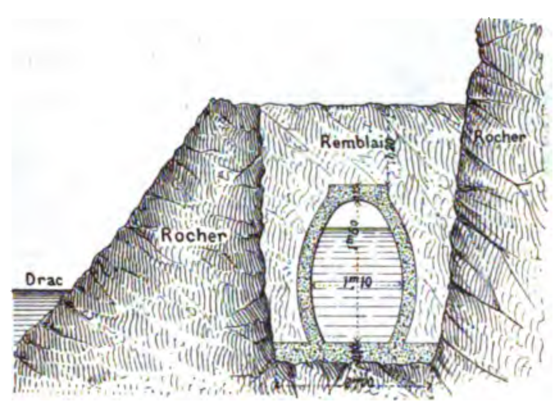


Fig. 47.
Conduite libre en béton de ciment entre la citerne de réunion et le siphon sous le Drac ; longueur, 1,400 mètres ; pente par mètre, un quart de millimètre.

Dosage du béton — Ciment demi-lent. . . 500 kilog.
Sable pur du Drac. . $0^{mc},500$
Graviers fins. . . . . $0^{mc},700$

Prix du mètre courant : 34 fr. 70 (non compris la tranchée).

Nous ne pouvons terminer cette note, qui a eu surtout pour but de mettre en relief l'emploi du ciment dans les travaux de conduite d'eau, sans dire un mot rapide des travaux municipaux exécutés à Grenoble avec le ciment, l'un des principaux produits de notre pays.

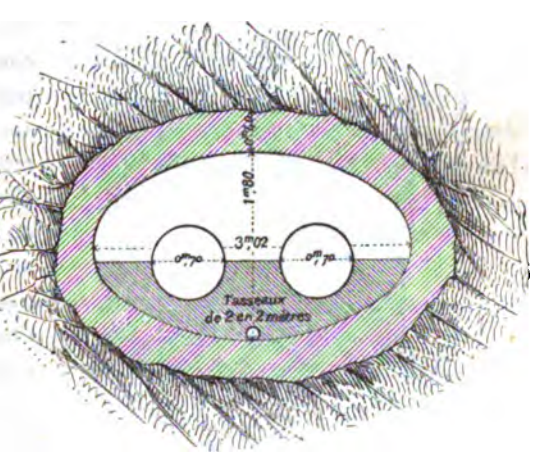
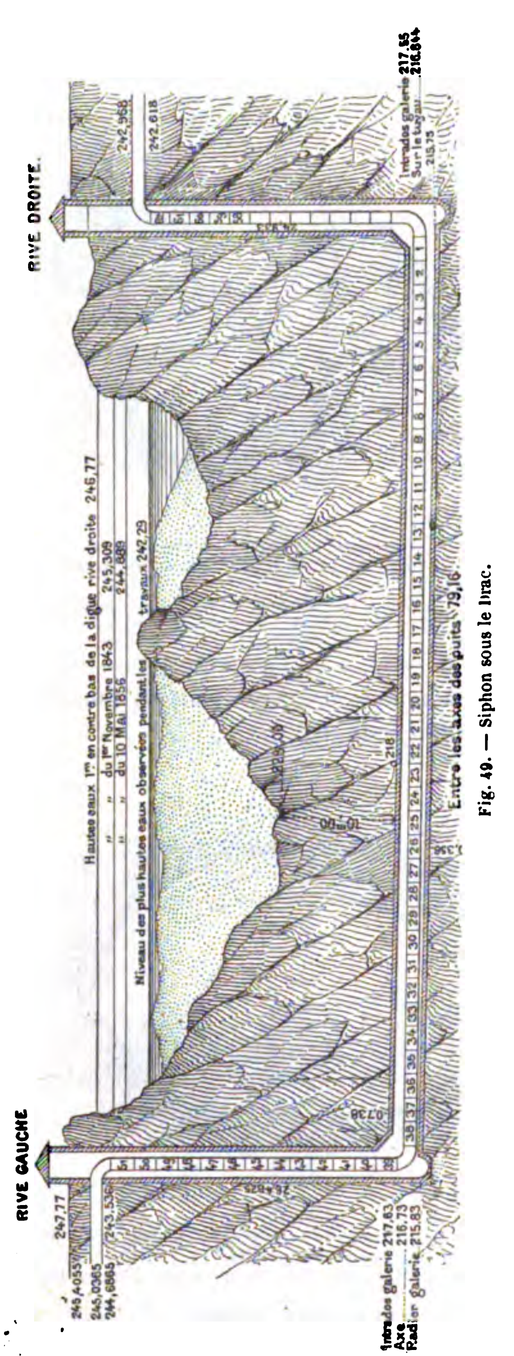


Fig. 48.
Siphons sous le Drac. Coupe de la galerie horizontale et des puits. Revêtement en béton de ciment prompt.
Épaisseur minimum, 40 centimètres. Même dosage que pour la conduite libre.
Prix du mètre : 55 francs.

Dans la notice sur Gre- ble, remise aux mem- es du Congrès, on a t ressortir les avan- ges des chaussées dallées en ciment; nous ne parlerons pas de ces vaux, MM. les membres du Congrès pourront, avant leur départ,

comparer les chaussées cimentées aux autres chaussées asphaltées ou pavées existantes à Grenoble. Les avantages de ces chaussées peu coûteuses (de 10 à 11 francs le mètre carré) sont tellement appréciés des riverains, qu'ils sollicitent leur confection, malgré l'interruption de la circulation, interruption que l'on supprimera avec les dalles préparées à l'avance, si l'essai tenté en ce moment à Grenoble réussit.



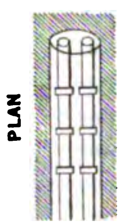


Fig. 49. — Siphon sous le Drac.

Le ciment a encore un emploi indiqué dans les rues à flanc de coteau, à pente supérieure à 0.07 ou 0.08 par mètre. Dans ce cas, on remplace ce dangereux plan incliné par des escaliers en ciment, lorsque la voie n'est pas charretière. Dans le plus ancien quartier de Grenoble, rive droite de l'Isère, l'ancienne voie romaine, partant de la Perrière et aboutissant au fort Rabot, desservait les maisons du vieux quartier de Chalemont. Cette voie, d'accès difficile, a été remplacée sur toute sa largeur par des escaliers dont les marche sont $4^{m},25$ de longueur d'emmarchement, $0^{m},50$ de foulée et de $0^{m},09$ à $0^{m},11$ de hauteur; des paliers de repos ont été ménagés de distance en distance.

Sous l'escalier et au centre de la chaussée, on a placé une conduite en

ciment de 0m,60 de diamètre, qui remplit les fonctions économiques d'égout. A tous les paliers de repos ont été construits des puisards de dépôt et des regards.

Tous ces travaux, qui ont donné, y compris l'égout, des dépenses ne s'élevant pas au-delà de 16 francs par mètre carré, mesuré suivant la pente, ont assaini et transformé ce vieux quartier et rendu un très grand service à la population; on a ainsi supprimé les fatigues que les riverains avaient autrefois pour gravir péniblement plusieurs fois par jour les rampes de Chalemont, qui n'étaient pas inférieures à 0.17 par mètre. La conduite en ciment de 0m,60 de diamètre, faisant fonction d'égout, a coûté 11 francs le mètre courant; un égout à section ordinaire de 1m,80 de haut et 1 mètre de largeur aux naissances, aurait coûté 50 à 60 francs le mètre courant, soit cinq fois plus et sans rendre plus de services, car depuis l'installation de la buse ou conduite-égout de Chalemont, nous n'avons pas constaté la moindre obstruction. Il en est ainsi d'une conduite d'égout de 0m,50 de diamètre à 0m,003 de pente, installée dans l'une des rues secondaires des nouveaux quartiers.

On peut donc conclure que lorsque l'égout peut avoir une pente supérieure à 0m,003 ou 0m,004 par mètre, les municipalités pourront assainir, avec le même chiffre de dépenses, cinq fois plus de rues en employant les conduits en ciment de 0m,40, 0m,50 et même 0m,60 de diamètre, au lieu des égouts permettant le passage de l'égoutier, mais ces conduites en ciment doivent évidemment être réservées aux rues secondaires des extrémités du réseau d'égout.

Dans les égouts à grande section et construits dans la nappe souterraine, le ciment a encore rendu de très grands services à Grenoble. On moule, en effet, à l'avance, sur les bords de la tranchée, un bloc formant radier et amorce des culées. Ce bloc est descendu dans le fond de la fouille et dans l'eau de la nappe, on gagne ainsi 0m,30 à 0m,40 de hauteur, ce qui est souvent suffisant pour sortir de l'eau et diminuer les frais d'épuisement.

Le ciment est encore employé dans les constructions comme blocs artificiels remplaçant la pierre de taille. On a même, croyons-nous, abusé de cet emploi; car de véritables monuments, des églises importantes, par exemple, ont été construites, de la base au sommet des flèches, en blocs artificiels de ciment. Les blocs artificiels devraient être réservés aux constructions plus modestes.

Le ciment a également donné de bons résultats, employé à la confection des poteaux de vignes treillages, remplaçant les poteaux en bois dur ordinairement adoptés. Enfin, depuis quelque temps, l'administration télégraphique emploie des tuyaux en ciment pour ses lignes télégraphiques souterraines.

En terminant cette notice, que MM. les membres de la section du Génie nous permettent d'adresser ici tous nos remercîments à M. Barnier, conducteur des travaux de la Ville, et à M. Perret, conducteur des travaux de la section du Pont-de-Claix ; leur active et intelligente collaboration a beaucoup contribué à assurer le succès des travaux d'adduction d'eau de Rochefort, entrepris et conduits à bonne fin par MM. Thorrand et Nicolet, entrepreneurs.

M. LORY

Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble.

NOTE SUR L'ORIGINE DES CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES, DITES « TUBERCULES », DÉVELOPPÉES DANS LES CONDUITES EN FONTE DES EAUX DE GRENOBLE ET DE DIVERSES AUTRES LOCALITÉS

Les tuyaux en fonte employés, il y a environ soixante ans, pour le service des eaux de la ville de Grenoble, ont présenté le premier exemple bien constaté de la formation de *tubercules* ou concrétions ferrugineuses, qui en peu d'années avaient considérablement réduit le débit, et ont conduit à remplacer, en grande partie, ces conduites en fonte par des conduites en ciment. Le même fait a été observé dans un grand nombre d'autres localités. En vue de l'adduction des quantités d'eau bien plus grandes et sous des pressions plus fortes exigeant nécessairement l'emploi de tuyaux en fonte, il était indispensable de faire de nouvelles études sur l'origine des tubercules ferrugineux, restée jusqu'ici assez obscure, et sur les conditions qui pouvaient en activer ou en prévenir la formation.

Les *tubercules* des anciennes conduites de Grenoble, bien que formés dans des eaux où les sels de chaux et de magnésie s'élèvent à plus de 17 centigrammes par litre, ne contiennent *ni chaux*, *ni magnésie*, et sont essentiellement composés de *peroxyde de fer hydraté*. Mais le résidu de la dissolution de ces concrétions dans l'acide chlorhydrique étendu laisse toujours une quantité très notable (de 5 à 15 $^{0}/_{0}$) de *matières végétales* facilement reconnaissables au microscope, et parmi lesquelles on distingue souvent beaucoup de *diatomées*. Ainsi l'attaque de la fonte et la formation des *tubercules* paraissent liées intimement à la présence de *matières végétales*, entraînées par les eaux, en solution ou en suspension.

Une des sources qui alimentent l'ancienne citerne des eaux de Gre-

noble, dite citerne Lesage, la source Darène, n'a jamais attaqué sa conduite en fonte. Au point de vue des matières minérales, elle ne diffère pas sensiblement des autres sources; mais des essais comparatifs m'ont appris que l'eau de cette source contient, en solution, moitié moins de matières organiques que les autres eaux alimentant la même citerne.

Des tuyaux en fonte, placés par M. l'ingénieur des Eaux de Grenoble, du 5 décembre 1882 au 28 mars 1883, dans les eaux de la citerne Lesage et des sources Dalban, qui alimentent les services actuels, ont été, dans ce court espace de temps, très notablement attaqués, et les dépôts ferrugineux qui s'y sont formés sont, comme les anciens tubercules, remplis de menus débris végétaux. Rien de pareil n'a eu lieu pour des tuyaux placés, durant le même temps, dans les sources de Rochefort, destinées à alimenter le nouveau service. Il est donc à croire que celles-ci se comporteront comme la source Darène, pourvu que l'on prenne les précautions convenables pour éviter le mélange d'eaux superficielles capables d'entraîner des particules végétales. Comme l'a fait observer M. l'ingénieur Thiervoz, cette expérience montre bien que la corrosion de la fonte est indépendante des phénomènes électriques résultant du contact de ce métal avec les colliers de plomb qui servent à relier les tuyaux.

La ville de Saint-Étienne (Loire) a établi, depuis quelques années, un service d'eaux alimenté par des sources dont les eaux diffèrent essentiellement de celles de Grenoble par l'absence complète de sels de chaux et de magnésie, de sulfates, etc.: elles ne paraissent contenir que de faibles quantités de carbonates et de silicates alcalins. Pour accroître le débit, on a été conduit à y ajouter de l'eau prise à un barrage du Furens, qui, au point de vue des sels minéraux, ne présente pas de différence sensible avec celle des sources. Presque aussitôt après, on a constaté une attaque des conduites en fonte, et les tuyaux ont été très rapidement encroûtés de tubercules ferrugineux. L'examen de ces tubercules, sur deux fragments de tuyaux qui m'ont été adressés, m'a montré encore la présence d'une quantité très notable de *débris végétaux*, mêlés au *peroxyde de fer hydraté*.

L'essai comparatif de l'*eau des sources* et de l'*eau du barrage* a montré que les doses de matières organiques dissoutes y étaient entre elles dans le rapport de 1 à 2,3; l'eau des sources contenant à peu près la même proportion de matières organiques solubles que celles des sources Dalban et Lesage, du service actuel de Grenoble, qui décolorent, par litre, un centimètre cube de permanganate, au dixième normal.

En rapport avec cette plus forte proportion de matières organiques dissoutes, l'eau du barrage de Saint-Étienne était moins oxygénée que l'eau des sources.

Tous ces faits sont de nature à montrer bien évidemment que l'at-

taque des conduites de fonte est en relation intime avec la présence des matières organiques, en dissolution ou en suspension dans les eaux.

Les documents reçus par M. l'ingénieur Thiervoz m'ont encore mis à même de contrôler ces résultats par l'examen des concrétions produites dans les conduites en fonte de la ville d'Utrecht, où la circulation des eaux datait à peine d'un an, et malgré la précaution qui avait été prise d'enduire les tuyaux de coaltar, à l'intérieur et à l'extérieur.

Les eaux d'Utrecht sont, comme celles de Saint-Étienne, des eaux très pures, au point de vue des matières salines ; les analyses ont donné, par litre, 3 centigrammes de silice, des traces de chlorures, et 5 à 6 milligrammes de matières organiques dissoutes. Mais les concrétions ferrugineuses détachées des parois du tuyau qui m'a été adressé ne m'en ont pas moins donné, après dissolution du *peroxyde de fer hydraté* par l'acide chlorhydrique étendu, un résidu assez volumineux, formé de débris légers de matières végétales, parmi lesquels, au microscope, on reconnaissait beaucoup de *diatomées*.

Ainsi, quelle que soit la composition des eaux, sous le rapport des matières minérales dissoutes, qu'elles soient exemptes de carbonate de chaux comme les eaux de Saint-Étienne ou d'Utrecht, qu'elles en contiennent 15 centigrammes par litre comme les eaux de l'ancien service de Grenoble, les concrétions ferrugineuses formées dans les tuyaux de fonte sont exemptes de carbonate de chaux, mais contiennent toujours beaucoup de débris végétaux. Je crois que ce n'est point une simple coïncidence fortuite, et que les produits de la décomposition des matières organiques dissoutes ou en suspension dans l'eau sont les vrais agents de la corrosion de la fonte. Par conséquent, pour prévenir cette corrosion, il faut s'attacher à rechercher des eaux exemptes, autant que possible, de matières organiques, et à les prémunir contre le mélange des infiltrations superficielles et des poussières atmosphériques par des conduites étanches et complètement couvertes. La captation des eaux de Rochefort pour le nouveau service de la ville de Grenoble a été faite d'après ces principes; ces précautions et les expériences comparatives, que j'ai rappelées ci-dessus, des tuyaux de fonte immergés dans ces sources et dans celles de l'ancien service, donnent tout lieu d'espérer que nos nouvelles eaux ne se comporteront pas comme les anciennes et qu'elles pourront servir de type à l'égard des essais préliminaires à effectuer sur les eaux que l'on se propose d'amener et de distribuer par des conduites en fonte.

M. CAHEN

Capitaine du Génie.

MATÉRIEL EN FER POUR CHARPENTES DÉMONTABLES A L'AIDE D'ÉLÉMENTS TRANSPORTABLES

Tout le monde connaît les services inappréciables que rendent les poutres en fer construites par M. le commandant Marcille pour la réfection des ponts de chemins de fer. Cependant ces poutres, qui se composent de tronçons d'un poids considérable, ne peuvent se transporter que par voie ferrée. Par suite, on ne saurait en faire usage aisément sur une ligne morcelée comme l'était en 1870-71 celle de Paris à Chaumont, ni sur une ligne en cours d'exécution comme celle qu'établirent les Russes en 1877-78 de Galatz à Bender et de Fratesti à Schimniza.

De là ressort la nécessité des ponts démontables en éléments portatifs, dont l'exemple le plus ancien est fourni par les équipages de ponts et dont on va brièvement résumer l'historique d'après les annales d'Oppermann de septembre et novembre 1884.

L'usine Eiffel avait livré dès 1873 au gouvernement bolivien des barres de fer susceptibles, à l'aide de boulons, de s'assembler sous forme d'une poutre droite à croisillons.

L'ingénieur napolitain Alfred Cottrau exposa en 1878 ses ponts militaires instantanés composés de fermettes à poinçons en dessous, qu'il abandonna plus tard faute d'un mode de contreventement satisfaisant.

M. le commandant Henry fit expérimenter en 1880 un type de pont dont il avait présenté le modèle dès 1873-74 et qui se composait de barres égales formant par leur assemblage des réseaux de triangles équilatéraux.

C'est de 1881 que date le pont saigonnais Eiffel, caractérisé par la substitution, déjà proposée par M. le commandant Henry, aux simples barres de panneaux rigides triangulaires.

Le pont dit polytétragonal, breveté en 1884 par M. Cottrau, consiste, lui aussi, en panneaux rigides, mais rectangulaires.

Tous les inventeurs de ponts démontables ont donc été conduits à substituer des éléments rigides aux tiges, dont l'emploi donnait lieu à une flèche due à la somme des jeux des boulons d'assemblage et donnant aux poutres un aspect concave peu rassurant.

Cet exposé des recherches antérieures fera mieux saisir l'esprit de la méthode qu'on se propose de développer ici :

Toute poutre comprend trois parties :

1° La *plate-bande supérieure*, qui résiste à la compression.

2° La plate-bande inférieure ou *tirant*, qui subit des efforts de traction.

3° Enfin les bracons, dont le réseau plus ou moins complexe sert à relier entre elles les deux plates-bandes.

Le tracé le plus avantageux à adopter pour le réseau des bracons est celui qui réalise un réseau triangulaire strictement indéformable. C'est ce qui ressort du mémoire de M. Maurice Lévy, inséré dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 28 avril 1873. Ces systèmes sont les seuls qui puissent être véritablement constitués en solides d'égale résistance, c'est-à-dire avec la plus grande économie possible de matière :

« Les pièces appelées solides d'égale résistance dans les théories semi-empiriques, semi-rationnelles de la résistance des matériaux ne méritent pas ce nom, car il n'y a que la fibre extrême de chaque pièce qui supporte les tensions ou pressions auxquelles la matière employée permet d'atteindre. Toutes les autres fibres ne supportent que des efforts élastiques moindres, la matière n'est donc pas employée le mieux possible.

» Dans un réseau strictement indéformable, au contraire, la statique seule suffit à déterminer les efforts que subit chaque pièce.

» Ces efforts ne sauraient être que longitudinaux. On peut donc dès lors calculer les sections de façon que toutes les barres supportent le même effort par unité de surface. On a donc un solide d'égale résistance dans la vraie et la meilleure acception du mot. Cet avantage est immense. Les ingénieurs des États-Unis, avec le sens pratique qu'ils possèdent à un si haut degré, l'ont depuis longtemps instinctivement compris.

» Ils n'emploient plus le métal à la flexion et font des ponts parfaitement rigides ayant des portées de 300 à 400 mètres et même d'un demi-kilomètre. »

La question du tracé des bracons étant résolue, vaut-il mieux laisser les plates-bandes parallèles ou les faire convergentes?

Dans les poutres à plates-bandes parallèles, l'augmentation des moments fléchissants vers le centre exige une inégalité notable dans l'équarrissage des plates-bandes au milieu et aux extrémités. Cette inégalité n'est pas réalisable si les éléments doivent rester interchangeables. Aussi les poutres Eiffel n'observent-elles pas cette indication de la théorie, et au risque d'alourdir notablement leur pont, conservent-elles aux extrémités le même équarrissage qu'au milieu.

Le système polytétragonal permet, il est vrai, le renforcement du milieu d'une poutre par voie de juxtaposition des panneaux à ceux de l'âme de la poutre.

Mais cet expédient, en augmentant l'épaisseur des âmes, peut s'opposer à la juxtaposition d'un nombre suffisant de poutres.

Les poutres à plates-bandes convergentes aux extrémités, au contraire, permettent d'assurer à chaque élément de plate-bande un travail sensiblement constant et par là se prêtent mieux à l'interchangéabilité de tous ces éléments.

Les poutres à plates-bandes convergentes comprennent trois types :

1° La poutre en ventre de poisson.

2° La poutre à plate-bande *inférieure horizontale.*

3° La poutre à plate-bande *supérieure horizontale.*

Le premier type est évidemment le moins commode à assembler à un tablier horizontal.

Le second peut séduire tout d'abord, parce qu'il semble bénéficier seul de l'avantage de se prêter au lancement par propulsion horizontale sur rouleaux.

Il n'en est rien, car le tirant inférieur ne saurait résister à l'effort tranchant dû au poids du pont.

Ce n'est pas sur ces tirants, mais bien sur des longerons spécialement disposés à cet effet que roule le pont Eiffel. Ces longerons, il est vrai, entrent dans la structure du tablier, mais possèdent pour ce dernier usage un équarrissage tout à fait surabondant, et alourdissent notablement le pont.

Les ponts à plates-bandes supérieures horizontales, au contraire, sont les seuls qui permettent, sans gêner en rien la circulation sur le tablier supérieur, de juxtaposer tel nombre de poutres qu'on voudra, et de racheter ainsi les augmentations de portées ou de surcharges par un accroissement du nombre de fermes accolées, avantage sérieux pour un matériel démontable. C'est cet avantage qui a déterminé le choix comme type normal usuel de la poutre à plate-bande supérieure horizontale, quoique bien d'autres types soient réalisables à l'aide du système proposé.

Pour arrêter définitivement le tracé des bracons, on remarquera que l'angle droit est celui qui donne le plus aisément naissance à des assemblages reversibles. Il y aura donc des bracons verticaux qui ne sont autre chose que des poinçons.

La poutre à poinçons en dessous et équidistants n'est autre que celle du premier type Cottrau et affecte la forme connue de l'arbalétrier de la ferme Polonceau, dont les avantages sont depuis longtemps reconnus en pratique.

Une dimension arbitraire reste à déterminer, c'est l'angle aigu des deux plates-bandes.

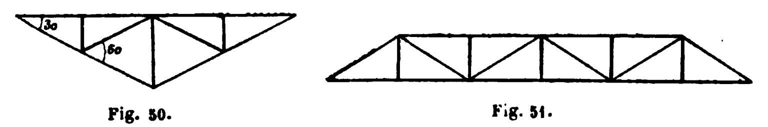


Fig. 50. Fig. 51.

Si l'on choisit pour cet angle la valeur de 30°, on remarque que tous les angles de la figure 50, voire même tous les angles de toutes les poutres

réalisables, en soumettant les tiges dont on dispose à toutes sortes de combinaisons, sont multiples de 30° et peuvent, par suite, être réalisés à l'aide d'un nombre restreint d'organes d'assemblage.

Le choix qu'on a fait de l'angle de 30° et de ses multiples permet de réaliser :

Des panneaux triangulaires à la façon Eiffel (fig. 51).

Des cadres rectangulaires composés de deux triangles rectangles de 30° et d'une diagonale, genre polytétragonal.

Les triangles équilatéraux du commandant Henry (fig. 52).

Toutes les combinaisons énumérées dans l'exposé historique du début de cette note constituent des cas particuliers du système proposé.

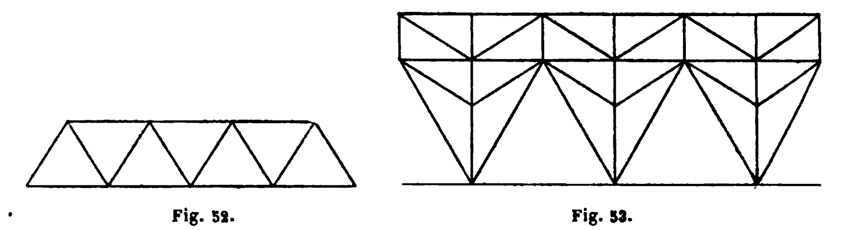


Fig. 52. Fig. 53.

La poutre à plate-bande supérieure horizontale à laquelle ont conduit les considérations qu'on vient de développer n'est pas, quoique la plus avantageuse, la seule réalisable et si, à l'instar de l'usine Eiffel, on sacrifie un peu l'économie de matière (fig. 53), rien n'empêche, chaque fois que des circonstances spéciales l'exigent, de réaliser des poutres à plates-bandes parallèles de hauteur quelconque, ou même des poutres en arc (fig. 54). Comme le matériel polytétragonal, celui qu'on propose se prête à l'édification des piles et palées verticales.

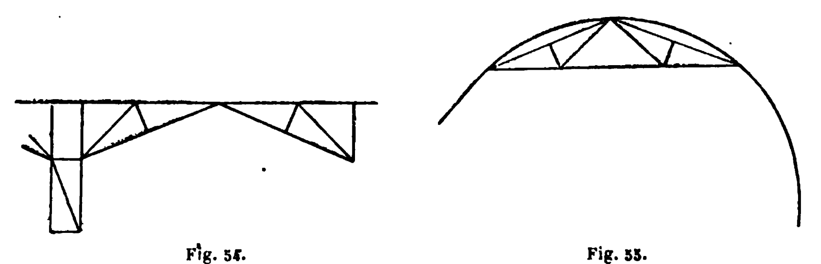


Fig. 54. Fig. 55.

Mais il réalise encore un avantage dont il a le monopole incontestable, c'est de se prêter en outre à la construction des fermes de toiture (Polonceau) de portées variables et même de cintres de voûte, d'échafaudage, etc. (fig. 55).

Le choix des équarrissages des diverses pièces du matériel proposé résulte d'un travail assez long, dont on se bornera à relater ici les résultats sans les reproduire en détail.

On a construit les épures statigraphiques d'un très grand nombre de combinaisons susceptibles d'être réalisées à l'aide du matériel proposé.

De l'examen de l'ensemble de ces diagrammes résultent les observations suivantes :

1° Une poutre de I, II, III..... n triangles élémentaires consécutifs comprend 1, 2, 3, 4, 5..... $(2n-1)$ points d'articulation à chacun desquels on suppose appliquée une force P (fig. 56).

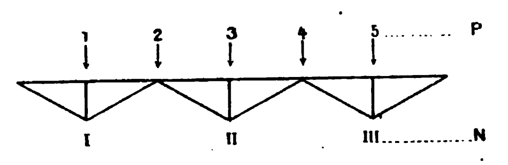


Fig. 56.

2° L'effort maximum K de traction ou de compression que subit chacune des barres d'un système rationnellement combiné (c'est-à-dire affectant la forme générale d'une poutre renflée en son milieu) a pour limite supérieure la somme des poids $(2n-1)$ P. On peut donc écrire :

$$K = (2n-1)\,P.$$

Dans une charpente composée de N poutres accolées non plus bout à bout, mais latéralement, le poids P se compose de deux éléments : l'élément p dû au poids propre de la charpente, l'élément Q dû à la surcharge et dont chacune des N poutres accolées supporte une fraction $\frac{Q}{N}$.

On a donc pour chaque poutre :

$$P = \frac{Q}{N} + p$$

Donc :

$$K = (2n-1)\left(\frac{Q}{N} + p\right),$$

formule qui donne le nombre N des poutres à accoler dans chaque cas pour que le travail K de chaque pièce soit constant.

Ainsi cette propriété que préconise le mémoire de M. Maurice Lévy et que réalisent les ponts américains à barres strictement indéformables, de faire travailler chaque pièce proportionnellement à sa section, et qui de prime abord semble difficile à réaliser à l'aide d'un matériel démontable et à portées variables, le système proposé y satisfait complètement.

La description détaillée du matériel qu'on propose sortirait des limites de ce travail ; on se bornera donc à indiquer par la figure 57 comment on a résolu le problème complexe de l'assemblage sous des angles multiples de 30° soit de barres, soit de panneaux composant une ferme.

La figure met également en évidence le mode d'assemblage d'une panne ou pièce de pont transversale en double T répartissant la charge sur les diverses fermes accolées que les trous A, A, A, A permettent d'y fixer.

M. Philippe BRETON

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite.

MESURE EXPÉRIMENTALE DE L'INTENSITÉ DES SENSATIONS LUMINEUSES EN FONCTION DES QUANTITÉS DE LUMIÈRE

— *Séance du 18 août 1885* —

I. — ÉTAT DE LA QUESTION.

Dès l'invention du photomètre de Bouguer, on observa un fait très inattendu: si un tableau blanc mat est partagé en zones contiguës qui reçoivent des quantités de Lumière équidifférentes, et surtout si le moindre de ces éclairages est très petit en comparaison de la différence uniforme de lumière entre les zones successives, ces différences égales de Lumière sont senties très inégalement dans nos yeux; la zone la plus sombre de la série diffère beaucoup de la deuxième, celle-ci diffère beaucoup moins de la troisième, et la série des contrastes sensibles décroît d'abord rapidement entre des zones contiguës de plus en plus éclairées; et enfin, si les éclairages équidifférents s'étendent assez loin de l'extrémité la plus sombre, les contrastes s'affaiblissent au point d'être absolument insensibles à nos yeux. Il s'agissait dès lors d'expliquer rationnellement un fait absolument inattendu, surtout pour la théorie newtonienne de la Lumière.

On crut d'abord expliquer le fait nouveau en supposant: 1° que *nous sentons les rapports* entre deux éclairages contigus; et 2° qu'entre trois éclairages contigus équidifférents, *notre vue sent et compare* les deux rapports du premier au second et du second au troisième.

Comme cette double supposition semblait s'accorder vaguement avec ce qu'on observe à l'extrémité la plus éclairée de la série, la plupart des physiciens s'en contentèrent, et conclurent un peu à la hâte que, si les zones contiguës recevaient des éclairages en progression géométrique, leurs contrastes successifs sembleraient à notre vue tous égaux entre eux.

Il est assurément regrettable que les physiciens ne se soient pas avisés d'aborder la question par l'autre bout, en comparant le noir pur avec un petit éclairage pris pour unité, puis celui-ci avec un autre éclairage plus grand dans un rapport connu, car là se trouvait la vraie solution. Si, comme le photomètre de Bouguer un peu modifié le permettrait aisément,

on eût comparé trois éclairages équidifférents, dont le premier soit l'éclairage zéro ou le noir pur, les trois éclairages

0, 1 et 2

auraient bien montré le contraste entre les Lumières 1 et 0 *beaucoup* plus sensible qu'entre 2 et 1, mais *non infiniment* plus sensible; car, entre trois éclairages contigus proportionnels aux trois nombres

0, 1 et 10,

les Lumières 1 et 0 contrastent *beaucoup moins* que les Lumières 10 et 1, ce qui aurait déjà prouvé la fausseté radicale de l'hypothèse admise légèrement. Aussitôt on aurait été conduit à faire varier par degrés ménagés le rapport des deux Lumières sensibles et inégales. Dès les premières tentatives, on aurait vu que entre trois éclairages contigus tels que

0, 1 et 3,

le contraste de 1 à 0 est sensiblement plus fort qu'entre 3 et 1; mais que déjà, entre les éclairages

0, 1 et 5,

le contraste entre 5 et 1 est encore manifestement plus sensible qu'entre 1 et 0: celui-ci n'a donc qu'*une valeur finie*, ce qui contredit rudement l'hypothèse que je combats. Et enfin le moindre tâtonnement méthodique aurait montré à tous les yeux que les trois éclairages contigus

0, 1 et 4

donnent deux contrastes parfaitement égaux.

Puis l'appareil étant ainsi disposé, il aurait suffi de le regarder à travers des verres plus ou moins enfumés, ce qui aurait affaibli dans un même rapport les deux Lumières qui seraient restées proportionnelles à 4 et 1, sans rien changer au zéro de Lumière, ou au noir pur, qui a l'avantage capital, en photométrie comparative, de fournir un repère fixe. On aurait vu alors les deux contrastes de Sensation demeurer obstinément égaux tant qu'ils restent tous deux bien perceptibles; puis, avec un verre suffisamment enfumé, tout juste assez pour que l'œil ne puisse plus saisir la limite précise où le noir pur touche la plus petite des deux Lumières, on aurait vu la limite précise entre cette petite Lumière et la Lumière exactement quadruple rester encore un peu sensible, mais de moins en moins. De là cette loi partielle, qui est la vraie loi expérimentale:

« Pour doubler l'impression physiologique sensible d'une quantité de Lumière, il faut quadrupler cette quantité de Lumière. »

D'où l'on aurait tiré, par une généralisation très facile à démontrer mathématiquement, la loi générale suivante:

« L'impression organique sensible à la vue (que nous appelons par abré-

« viation la Sensation lumineuse) est proportionnelle à la racine carrée de « la quantité de Lumière. »

En adoptant la notation de M. Helmholtz, nous désignons par H la quantité de Lumière (celle qui varie en raison inverse du carré de la distance de la lampe au Tableau), et par S l'intensité de la Sensation; moyennant quoi la loi du phénomène dont il s'agit s'exprime à volonté par l'une ou l'autre des formules équivalentes

$$H = CS^2 \quad \text{ou} \quad S = \sqrt{\frac{H}{C}},$$

où C est un coefficient constant pour chaque lampe et pour chaque œil, dans un état déterminé de calme ou d'excitation.

Cette loi simple ne paraît se trouver en défaut que lorsqu'on essaye de comparer des éclairages bien sensibles avec ceux qui sont assez faibles pour que la vue devienne impuissante à les distinguer du noir pur; et cette exception contredit de plus en plus l'hypothèse logarithmique.

Telles sont les expressions dont j'essaye de démontrer la vérité par diverses expériences. Mais je dois prévoir que la nouveauté de mes conclusions (si toutefois elles sont aussi nouvelles que vraies?) les expose à être fortement contestées. Je désignerai donc provisoirement la loi que je crois vraie pour tous les éclairages que nous distinguons nettement du noir pur, sous le nom d'*hypothèse parabolique*, parce que la courbe figurative qui la représente en coordonnées rectangulaires H et S est « une « Parabole ayant son sommet à l'origine des coordonnées, et pour axe « focal l'axe des H. » Les lecteurs qui seront convaincus pourront ensuite substituer à la qualification provisoire d'hypothèse celle de *Loi parabolique*. Et en attendant, je revendique le droit de qualifier aussi provisoirement d'*Hypothèse logarithmique* l'opinion légèrement admise par un grand nombre de physiciens, quelques-uns même très savants, mais non absolement infaillibles, le tout en attendant que l'une ou l'autre des deux hypothèses soit reléguée parmi les erreurs passées.

II. — OBSTACLES SPÉCIAUX A LA MISE A L'ÉTUDE.

Dans tous les cas il serait injuste de continuer (comme font beaucoup de physiciens français) à désigner l'hypothèse logarithmique sous le nom de Loi de Fechner; car le physicien allemand n'a jamais présenté sa formule logarithmique comme l'expression vraie de la loi physiologique; il l'a donnée comme une simple formule empirique d'interpolation, représentant *à peu près* une certaine sérïe d'expériences, mais qu'il faut se garder d'étendre hors des limites de ces expériences, ce qui serait se hasarder dans une extrapolation. Je reviendrai ci-après sur la formule de Fechner,

en demandant une revision de l'emploi fait par ce physicien des résultats numériques *détaillés* de ses expériences.

Mais, dès à présent, il m'est permis de signaler l'opinion de M. Helmholtz, qui, au sujet de la question présente, rappelle avec soin une multitude d'observations, les unes vulgaires et connues de tout le monde, ignorants ou savants, et toutes absolument contraires à l'hypothèse logarithmique, dont la fausseté est pour lui manifeste.

Rappelons encore que, il y a quelques années, M. Plateau, le regretté physicien belge, a signalé aux savants un fait connu depuis un temps immémorial de tous les dessinateurs, peintres, architectes, teinturiers, en un mot, de tous les praticiens qui, par goût ou par métier, ont étudié, sans théorie, mais avec leurs yeux, les contrastes entre leurs Sensations lumineuses : c'est que, entre deux gris de même nuance, mais *très inégaux* en clarté (même depuis le plus beau noir jusqu'au blanc pur), il est très facile d'insérer une série de gris intermédiaires telle que l'œil du spectateur éprouve une série de Sensations exactement équidifférentes, et cela avec une précision très remarquable. Le procédé pratique le plus commode et le plus sûr est tel que, si les deux extrémités de la série sont imposées d'avance, le nombre des intermédiaires à insérer doit être une puissance de 2 diminuée de 1 (comme 1, 3, 7, 15, etc.). En comprenant les deux extrêmes dans la série totale, le nombre des termes devient une puissance de 2 augmentée de 1 (comme 3, 5, 9, 17, etc.). Mais, malgré le mérite incontesté de M. Plateau, beaucoup de physiciens, se méfiant outre mesure de toute évaluation comparative qu'on ne cherche pas même à traduire en chiffres, ne veulent pas croire que les contrastes d'intensité des Sensations lumineuses soient susceptibles d'être comparés avec une justesse digne de l'attention d'un savant, sous prétexte que l'œil juge avec une extrême précision, dans un bon photomètre, si deux éclats contigus sont égaux ou non, et, s'ils sont inégaux, reconnaît lequel des deux est le plus brillant. Ces messieurs oublient que même l'égalisation de deux éclats contigus, dans le meilleur photomètre, ne peut jamais être certaine qu'avec une limite d'erreur qui n'est pas rigoureusement nulle. La vérité est que l'égalisation de deux Lumières est appréciable avec *un peu* plus de justesse pratique que celle des deux contrastes entre trois Lumières contiguës ; mais ce sont toujours, de part et d'autre, des mesures incertaines entre certaines limites d'erreur, et ces limites sont beaucoup moins inégales que la plupart des physiciens ne l'imaginent, faute d'exercice.

III. — EXPÉRIENCES NOUVELLES PAR LE LAVIS A L'ENCRE DE CHINE.

Diapasons demi-blanc et un quart blanc. — Dès 1852, j'ai cherché à établir des procédés de Lavis en teintes plates d'encre de Chine super-

posées, afin de régler numériquement les proportions du noir pur et du blanc du papier subsistant après l'application de couches en nombre croissant d'une même teinte pâle préparée en abondance. Et comme je voulais obtenir au moins le gris composé d'un quart de blanc pour trois quarts de noir, ainsi qu'un gris composé de moitié de blanc et de moitié de noir, je préparai deux diapasons destinés à réaliser pratiquement ces deux gris. Le premier diapason est composé d'une série de hachures très noires, d'égale largeur, laissant entre elles des intervalles blancs de la largeur des hachures elles-mêmes. Le second diapason est formé de deux séries de hachures disposées exactement comme celles du premier diapason, et qui se croisent à angle droit. Si, par exemple, la largeur des hachures et de leurs intervalles est d'un millimètre, le second diapason se partage en carrés de deux millimètres de côté, contenant chacun un seul millimètre carré demeuré blanc, et trois millimètres carrés tout noirs. En regardant ces deux diapasons d'une distance suffisante, les blancs et les noirs se fondent, par l'irradiation, en deux gris uniformes, composés respectivement de moitié de blanc et de moitié de noir pour le plus clair, et pour le plus sombre, d'un quart de blanc pour trois quarts de noir.

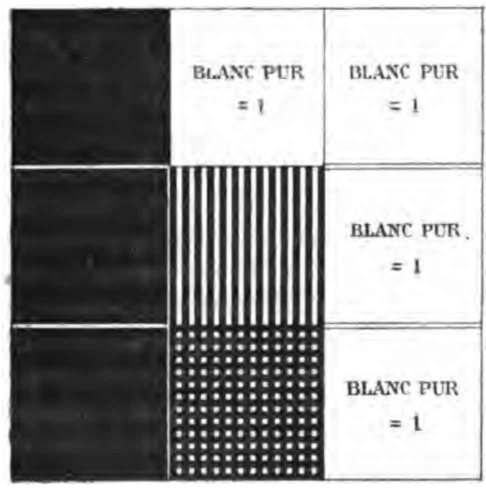


Fig. 61.

La figure 61 ci-contre se partage, comme on voit, en neuf carrés, disposés en trois colonnes et trois rangées horizontales.

La première rangée horizontale présente un seul contraste, entre le blanc pur et le noir pur; ce contraste a bien une certaine violence, mais ce n'est certes pas là une Sensation infinie; et quoique ce noir, formé d'une couche opaque d'encre d'imprimerie, ne soit pas un éclairage rigoureusement nul, en le regardant dans une chambre suffisamment sombre on doit reconnaître qu'il ne reste plus sur la case noire à gauche qu'une Lumière absolument négligeable, tandis que le blanc pur du papier est encore sensiblement lumineux. Donc le contraste de Sensation entre un éclairage fini et un éclairage absolument nul ne peut jamais passer pour infini.

La deuxième rangée horizontale présente trois éclairages équidifférents, proportionnels aux nombres

$$0, 1 \text{ et } 2,$$

et le contraste de 1 à 0 est notablement plus sensible que celui de 2 à 1 : c'est le fait même qui a fait l'objet des recherches des physiciens depuis Bouguer.

La rangée inférieure présenterait trois éclairages proportionnels aux nombres

0, 1, et 4,

si l'exécution des deux diapasons était parfaite ; mais l'extrême difficulté d'égaliser exactement la largeur des hachures et celle des intervalles blancs a exagéré quelque peu la proportion de noir, surtout dans le diapason le plus sombre; aussi le contraste du noir pur au diapason le plus sombre paraît moindre qu'entre ce diapason sombre et le blanc pur. Si la proportion des hachures à leurs intervalles était remplacée par le rapport inverse des carrés de deux distances mesurées, comme dans la plupart des photomètres, et notamment dans celui de Bouguer, on obtiendrait à coup sûr deux contrastes exactement égaux avec trois éclairages vraiment proportionnels aux nombres 0, 1, et 4.

Cela sera d'ailleurs démontré directement dans notre expérience avec quatre petites bougies, exposée ci-après à l'aide de la planche IV.

La colonne du milieu de la figure 61 présente, du haut en bas, trois éclairages qu'on a voulu rendre proportionnels aux nombres

4, 2, et 1

en progression géométrique décroissante; et malgré l'imperfection des deux diapasons, leurs quantités de Lumière décroissent certainement suivant une certaine progression géométrique, dont la raison dépasse un peu le rapport de 2 à 1 ; mais ce n'est pas moins une vraie progression géométrique. Or on voit que le contraste du blanc pur au diapason le moins sombre est manifestement plus sensible qu'entre les deux diapasons, ce qui est contraire à l'hypothèse logarithmique.

Gris en progression géométrique exécutés par le Lavis. — En préparant en abondance une teinte pâle d'encre de Chine que l'on conserve dans une bouteille bouchée, on peut exécuter facilement au Lavis une série de gris, occupant chacun une case d'une longue bande de bon papier à Lavis; une case numérotée 0 conserve tout le blanc du papier, la case suivante reçoit une couche de la teinte approvisionnée, la case suivante reçoit deux couches, et ainsi de suite, et chaque case est numérotée du nombre de couches qu'elle a reçues. Cette opération exige quelque soin, outre l'habitude d'exécuter des teintes plates en Lavis; pour que la teinte employée soit bien pure et bien fixe, il convient de la préparer quelques heures ou même quelques jours à l'avance et de la décanter sans agitation, pour éviter de remettre en suspension les parties les plus grossières du noir de l'encre qui sont tombées au fond. Avec ces précau-

tions, on obtient une teinte qui ne change pas sensiblement de force en dix ou quinze jours de repos. Même, il m'est arrivé de régler par tâtonnement la force d'une teinte abondante, de manière à obtenir l'effet de mon diapason demi-blanc avec 5 couches, et celui du diapason un quart blanc avec 10 couches de la teinte approvisionnée, puis d'oublier dans une armoire pendant deux ou trois ans cette provision de teinte dans sa bouteille bouchée; après quoi ayant retrouvé cette vieille teinte, je l'essayai et je trouvai qu'en deux ou trois ans de repos parfait, elle avait perdu la moitié juste de sa force; car il fallut 10 et 20 couches de la teinte affaiblie, au lieu de 5 et 10 couches pour reproduire les gris de mes deux diapasons demi-blanc et un quart blanc.

J'ai fait en outre un grand nombre de ces séries de gris, toujours pour régler par tâtonnement la force d'une provision de teinte de manière à reproduire les effets de mes deux diapasons avec 5 et 10 couches; et, toujours, sans exception, j'ai trouvé que s'il faut un certain nombre de couches de la teinte qu'on essaye pour obtenir l'effet du diapason demi-blanc, il faut superposer un nombre de couches exactement double pour égaler le gris au diapason un quart blanc. Ces expériences nombreuses et toujours d'accord entre elles démontrent que les séries de gris ainsi formées contiennent des fractions du blanc du papier, qui décroissent suivant une progression géométrique dont la raison prend le nom de *force* de la teinte à l'essai. Par exemple, lorsque, après tâtonnement méthodique, on a obtenu une provision de teinte dont 5 et 10 couches produisent les effets des deux diapasons demi-blanc et un quart blanc, la force de cette teinte est égale à la *racine dixième d'un quart*, fraction qui ne diffère pas sensiblement de sept huitièmes; en conséquence je désigne une telle provision sous le nom de *teinte à sept huitièmes de force.*

En examinant dans son ensemble cette série de gris numérotés de 0 à 10, où le blanc du papier décroît en progression géométrique depuis 1 jusqu'à un quart, le contraste entre les cases 0 et 1 paraît très sensiblement plus fort qu'entre les cases 1 et 2; les contrastes sensibles décroissent ensuite à mesure que leurs numéros vont croissant; enfin les cases numérotées 7 et 8, 8 et 9, 9 et 10 diffèrent à peine entre elles, tellement qu'il faut un œil déjà exercé à ces comparaisons, pour sentir les différences de Sensation lumineuse vers l'extrémité sombre de la série des gris. C'est la négation manifeste de l'hypothèse logarithmique, dont la fausseté saute aux yeux dès que l'on compare les deux contrastes entre le blanc pur et le gris à sept huitièmes, puis entre celui-ci et le gris à quarante-neuf soixante-quatrièmes dû à deux couches de la même teinte réglée.

Règlement de la teinte approvisionnée à une force demandée. — Pour régler à une force demandée une provision abondante de teinte, j'ai

d'abord procédé par tâtonnements un peu au hasard, ce qui était très long et très fastidieux; mais ensuite enhardi par divers essais, j'ai constaté ce qui suit :

Un artiste, ou même un commençant simplement attentif, qui s'exerce à poser des teintes plates superposées en nombre croissant, se fait promptement une habitude fixe, quant à l'épaisseur constante de la couche liquide des diverses parties d'une même couche, ainsi que des épaisseurs analogues pour les couches suivantes.

Si une certaine teinte à l'essai produit un gris de valeur connue en superposant un certain nombre n de couches, si on mêle dans une bouteille séparée un volume U de la teinte avec un volume V d'eau pure formant un volume total (U + V), il faudra un nombre n' de couches de la teinte diluée pour reproduire le même gris que n couches de la teinte à l'essai, les nombres n et n' étant déterminés par l'équation :

$$nU = n'(U + V)$$

d'où

$$n' = n.\frac{U}{U+V}.$$

Cette règle signifie simplement que « l'effet produit par plusieurs cou-« ches d'une teinte approvisionnée quelconque (pourvu qu'elle ne soit « pas trop sombre) est une fonction déterminée de la quantité de noir de « fumée en suspension dans la teinte qu'on emploie. » Tel est le *principe des dilutions*.

En conséquence, si on a une provision de teinte beaucoup trop sombre pour une certaine étude de Lavis gradué, telle qu'une seule couche, par exemple, produise le gris un quart blanc de notre diapason le plus sombre, on peut régler la dilution pour obtenir une force faible déterminée, au moyen de *deux essais* seulement. A cet effet, on mêle des volumes u et v de cette teinte très sombre et d'eau pure en donnant à v une première valeur trop grande, et on exécute une série de 10 gris, dont le numéro 10 soit encore moins sombre que le diapason un quart blanc, puis on prolonge cette série jusqu'à ce qu'on y trouve un numéro équivalent au diapason un quart blanc. On considère alors la première teinte diluée comme une dilution de la teinte voulue, et on en déduit par le calcul la proportion d'une autre dilution avec un moindre volume d'eau, telle que la dixième couche soit équivalente au diapason un quart blanc. Ou bien, si la première dilution essayée se trouve *un peu* trop forte, on peut la diluer elle-même par une addition d'eau calculée suivant le principe des dilutions ci-dessus.

L'application arithmétique de ce principe n'a rien de difficile; mais en

pratique il exige absolument des mesures précises des volumes d'eau pure et des diverses teintes à mélanger. Et pour cela, il faut mesurer les volumes dans une pipette en verre, partagée en 10 tranches d'égal volume, indiquées par une échelle gravée sur la pipette.

Cet emploi de la pipette, quoique généralement inconnu de la plupart des artistes, n'a rien de difficile ; mais il y a encore une condition indispensable : c'est que chacun, artiste ou commençant, opère lui-même, de sa propre main, d'abord les mesurages de volumes et le calcul arithmétique des dilutions, et ensuite les séries de gris gradués qui doivent compléter et vérifier le tâtonnement méthodique. Cela tient à ce que chacun se fait une habitude personnelle, quant à l'épaisseur de la couche liquide qu'il emploie dans ses teintes plates. Ce coefficient personnel peut varier en effet entre des limites très étendues. La nécessité du règlement définitif d'une teinte qu'on veut employer à plusieurs couches, par la même main qui doit appliquer ces couches, résulte d'une expérience très bien faite par M. Hermann, lorsqu'il était professeur de dessin à Grenoble, à l'école régimentaire du 4[me] du Génie.

Certaines considérations théoriques m'avaient fait d'avance regarder comme possible ce moyen d'obtenir en Lavis des proportions de blanc restant qui décroîtraient en progression géométrique, puis de régler la force d'une teinte à une force déterminée; mais je n'osais me fier à cet aperçu de théorie, car j'avais bien remarqué que, si on couvre un papier à gros grain d'une teinte gris-pâle avec un crayon tendre et très noir, il suffit de passer légèrement le bout du doigt sur le papier ainsi teinté pour assombrir fortement la teinte grise; et dans d'autres circonstances, il suffit de souffler sur une teinte de crayon ou de fusain, pour éclaircir largement la teinte trop peu adhérente. C'est seulement après un grand nombre d'expériences de Lavis avec des nombres considérables de couches d'une teinte approvisionnée, que j'ai osé prendre quelque confiance dans cette théorie. En outre, je suis parvenu, il y a plus de dix ans, à augmenter notablement l'adhérence du noir de l'encre de Chine sur le papier, en employant comme véhicule, au lieu d'eau, une certaine émulsion oléo-résineuse que j'avais fait connaître à quelques-uns de mes amis, sans jamais penser à leur demander le secret. Ainsi cette modeste invention étant venue à la connaissance de M. Javary, ce profond géomètre, qui est aussi un savant artiste, était vraiment dans son droit en publiant cette petite recette dans un de ses ouvrages, surtout avec le soin très loyal qu'il a pris de m'en attribuer l'invention. Je considère donc cette petite recette comme étant de plein droit dans le domaine public, et il est inutile de m'en occuper davantage.

Tracé par le Lavis de la figurative des Sensations lumineuses, entre le blanc du papier et le diapason un quart blanc.—La figure 1, Pl. III, représente

les éclairages H ou les proportions du blanc du papier par la logarithmique ABCDE, partant du point A dont les coordonnées sont $S = 0a = 1$, et $H = aA = 1$; de ce point la logarithmique descend en passant par les points B, C, D, E, dont les abscisses, $0a$, $0b$, $0c$, $0d$ et 0, mesurées sur l'axe 0S, sont équidifférentes, et dont les ordonnées H, bB, cC, dD, 0E décroissent en progression géométrique sous-double; les ordonnées bB et cC représentent les valeurs de H pour nos deux diapasons; l'échelle des teintes réalisées entre ces deux limites embrasse seulement l'arc ABC de la logarithmique; mais il faut exécuter séparément par dilution une série de gris très nombreux, dont chacun réponde à un point connu de l'arc ABC.

On remarque d'abord que, pour avoir des Sensations S équidifférentes, la courbe ABC descend trop vite en allant de A vers B, et surtout en partant de A, tandis qu'elle descend trop lentement en approchant de C. Il faut donc relever la courbe entre A et C, si l'on veut conserver ces deux points. A cet effet, on coupe en deux bandes longitudinales la bande de papier qui porte l'échelle quasi-continue des gris; on rapproche le gris du point C (un quart blanc) du blanc pur du point A, et on cherche, sur l'autre moitié de la bande des gris, le gris qui contraste également avec le blanc pur et avec le gris un quart blanc. C'est une de ces insertions de gris intermédiaires dont M. Plateau a signalé la facilité et la précision, bien connue de tous les praticiens. On trouve ainsi entre A et B un point 6 dont l'ordonnée 66_1 représente la proportion de blanc, tandis que son abscisse 06_1 représente la Sensation lumineuse due à ce gris. En ramenant l'ordonnée $6_1 6$ sur le point b au milieu de ca, cette ordonnée prend la position bB', et B' est un point de la figurative des éclairages H en fonction des Sensations lumineuses S; l'opération étant arrivée à ce point, on s'assure, par une opération graphique très connue, que ce point B' est situé sur la parabole qui a son sommet à l'origine 0 des coordonnées, où elle touche l'axe 0S des Sensations, et qui passe par A et C.

Cette parabole commence déjà à être assez bien déterminée, car la coïncidence est aussi précise qu'on peut l'espérer dans une épure dessinée avec soin.

On procède alors à l'insertion de deux autres gris, intermédiaires l'un entre bB' et aA, pour lequel le même procédé détermine une ordonnée $\varphi_1\varphi$, que l'on ramène dans la position fF', au bout de l'abscisse $0f$, demi-somme de $0b$ et $0a$; de même on construit le point G' de la figurative demandée, en lui donnant l'ordonnée $\gamma_1\gamma$, également contrastante avec les éclairages cC et bB'. On a maintenant cinq éclairages représentés par les ordonnées des cinq points A, F', B', G', C, placées sur la figurative cherchée; enfin, A, B' et C étant déjà sur la parabole AC0, on dessine purement tout l'arc AC de cette courbe, et on s'assure que les points F' et G' se placent

avec toute l'exactitude d'une bonne épure sur cet arc de parabole.

On en conclut légitimement que l'arc AF'B'G'C représente très bien la figurative demandée entre les limites du blanc pur et du gris un quart blanc. Il me semble que déjà la suite CO de cette parabole a pour elle une certaine probabilité de vérité, qui échappe à la conséquence incroyable de l'hypothèse logarithmique pour ce même intervalle encore inexploré. Car l'hypothèse logarithmique exigerait qu'une ordonnée OE, égale au seizième de aA, correspondît à une Sensation lumineuse nulle : or il est bien sûr que les habiles graveurs sur bois emploient avec succès, dans les parties larges et sombres de leurs meilleurs ouvrages, des hachures noires épaisses, de largeur uniforme, séparées par de fines lignes blanches dont la largeur est souvent moindre que le quinzième de celle des hachures noires; or, il résulte de cette disposition un éclairage de quinze seizièmes de noir pour un seul seizième de blanc, et il est absolument certain que ce faible éclairage est nettement distinct du noir de l'encre d'imprimerie considérée comme noir pur.

En conséquence, l'arc de parabole CD'O, qui fait suite à l'arc de figurative AF'B'G'C exploré par l'expérience, sera considéré provisoirement comme encore entaché de l'incertitude de toutes les extrapolations, mais cependant comme méritant déjà d'être essayé à titre d'*hypothèse à vérifier*, quand on pourra appliquer à cette partie de la figurative un procédé susceptible de quelque précision. Car, dès que les gris de Lavis deviennent plus sombres que le diapason un quart blanc, l'évaluation comparative des Sensations lumineuses devient de plus en plus difficile, et elle exigerait une délicatesse rare de Sensation, qu'on ne trouverait que chez des artistes consommés.

Révision à essayer des expériences de M. Fechner. — Je n'ai pas à ma disposition les détails des expériences sur lesquelles M. Fechner a cru établir sa formule logarithmique; je n'ai pu connaître à ce sujet que ce qui est exposé dans l'*Optique physiologique* de Helmholtz, pages 413 et 414 de l'excellente traduction de MM. Javal et Klein : M. Fechner a déduit de ses expériences que « les plus petites différences perceptibles de « la Sensation lumineuse sont des fractions *à peu près constantes* de l'inten- « sité (de l'éclairage H) » ; donc ces expériences n'ont pas donné pour ces fractions une valeur exactement constante, puisque l'auteur déclare que cette fraction n'était qu'*à peu près* constante. Ce physicien paraît avoir regardé comme insignifiantes et purement fortuites les petites variations de cette fraction, à laquelle il a substitué une valeur moyenne supposée constante; et c'est ainsi qu'il a établi une équation différentielle, dont l'intégration donne un seul logarithme népérien. C'est ici que je crois être assuré que cette fraction, au lieu d'être moyennement constante, *variait régulièrement*. Pour s'en assurer, il faudrait d'abord posséder, dans

tous leurs détails, les résultats bruts des expériences de Fechner, avant leur remplacement par une moyenne quelconque; alors on pourrait représenter graphiquement chacune de ces expériences par un point figuratif rapporté aux coordonnées rectangulaires S et H, tirées des expériences brutes; en joignant tous ces points figuratifs non altérés par un trait courbe graphiquement continu, on aurait un arc vraiment expérimental de la courbe figurative; puis, en traçant une suite de tangentes à cet arc jusqu'à leurs rencontres avec l'axe OS, on pourrait comparer chaque sous-tangente située sur cet axe avec l'abscisse mesurée sur le même axe; or, mes expériences de Lavis s'accordent si bien entre elles, que j'ose annoncer hardiment que cette épreuve graphique donnera *les sous-tangentes des points figuratifs régulièrement égales aux moitiés des abscisses desdits points figuratifs*. C'est là une propriété caractéristique bien connue de la parabole qui touche l'axe des S à l'origine O des coordonnées.

Pour certains mathématiciens qui, séduits par le prestige de la précision soi-disant illimitée des chiffres et des formules, dédaignent les épreuves graphiques, malgré la clarté incomparable de la Géométrie de Descartes appliquée au Dessin, il faudra pour les contenter exprimer en langue algébrique cette propriété des sous-tangentes, ce qui donnera l'équation différentielle:

$$\frac{dS}{dH}=\frac{1}{2}\frac{S}{H},$$

où l'on sépare les variables en multipliant les deux membres par $\frac{2dH}{S}$; on a ainsi à intégrer

$$2.\frac{dS}{S}=\frac{dH}{H};$$

l'intégration donne deux logarithmes népériens variables et une constante arbitraire qu'on met sous la forme l.C. L'intégrale se présente d'abord sous la forme toute logarithmique:

$$2.\mathrm{l.S}=\mathrm{l.H}+\mathrm{l.C};$$

puis, en passant des logarithmes népériens aux exponentielles, toute transcendance disparaît, et on n'a plus que l'équation algébrique élémentaire

$$S^2=C.H,$$

qui est précisément celle de la parabole figurative trouvée par les expériences de Lavis.

Quant aux expériences de M. Fechner, si on les compare entre elles avant toute altération pour l'établissement d'une moyenne, on verra que

les sous-tangentes, égales aux moitiés des abscisses, s'accordent avec les expériences de Fechner beaucoup plus exactement que celles-ci ne s'accordent avec une valeur moyenne. D'où il faudra conclure :

1° Que « les expériences réelles de M. Fechner sont beaucoup plus « exactes que lui-même ne l'a pu croire; »

2° Que « ces expériences s'accordent avec l'hypothèse parabolique beau« coup mieux qu'avec l'hypothèse logarithmique. »

Assurément cette double conclusion, un peu inattendue, ne peut avoir rien d'offensant pour personne; mais je dois m'attendre à ce que plusieurs lecteurs trouvent au moins hasardeuse la hardiesse avec laquelle j'annonce cette conclusion singulière. Pour la justifier autant que possible, il faut donc de nouvelles expériences, allant, si c'est possible, jusqu'au noir pur, pour combler la lacune laissée par les expériences de Lavis entre le gris un quart blanc et le noir le plus pur qu'on pourra réaliser.

IV. — EXPÉRIENCE AVEC DES BOUGIES DE CIRE.

Importance d'expériences embrassant le noir pur et des gris très sombres. — Suivant M. Helmholtz (*Optique physiologique*, p. 413 et 414 de la traduction française précitée), il paraît que les expériences ont été bornées aux éclairages (H) « que nous employons ordinairement pour lire, écrire, « travailler, degrés *agréables* et *commodes* pour notre œil, et qui s'étendent « depuis la clarté à laquelle nous pouvons lire sans difficulté jusqu'à celle « d'une surface blanche frappée directement par les rayons solaires. » Cette recommandation est fort sage en un sens, mais imprudemment exagérée dans l'autre. Je ne conseillerais à personne de lire, écrire, dessiner, travailler sur du papier blanc exposé en plein soleil; il faut bien s'en garder, et faire comme tous les paysagistes, qui ont grand soin de faire toutes leurs études au soleil d'après nature, en tenant leur dessin à l'ombre d'un grand parasol, sans quoi leurs yeux seraient bientôt perdus. Et, en sens contraire, il ne faut pas oublier que tout le monde aime à lire, écrire, dessiner, travailler, avec de la bonne encre bien noire, ou avec un crayon bien noir; la vue de figures en traits noirs sur fond blanc ou en traits blancs sur fond noir n'a rien de fatigant; ce seraient, au contraire, des traits gris-pâle sur fond blanc, ou gris très sombre sur fond noir, qui seraient très fatigants, pour lire, écrire, dessiner, si ces traits n'étaient pas assez larges; et des teintes d'une certaine largeur, ayant tous les degrés de gris entre le plus beau noir et un blanc modéré, ne fatiguent pas la vue. Ce sont précisément des zones grises, contiguës, suffisamment larges, graduées comme on voudra, depuis le noir le plus pur jusqu'à un blanc modéré, qu'il faut étudier pour compléter l'étude de la loi des Sensations S en fonction des Éclairages H.

Dispositif des expériences représentées dans la planche IV. — La planche IV

représente en plan quatre petites bougies en cire (de 4 millimètres de diamètre) placées aux points B_I, B_{II}, B_{III}, B_{IV} sur une table couverte d'un drap bleu foncé presque noir; l'élévation montre l'aspect d'un tableau vertical blanc mat, vu du point O, et d'un écran noir figuré au plan en EF; l'œil voit aussi en élévation l'orifice d'un vase profond tapissé en dedans de velours noir; le tableau TS se détache devant le vase noir; les rayons éclairants des quatre bougies qui ont rasé le bord E de l'écran projettent son ombre sur le tableau, où elles déterminent trois zones larges d'un centimètre; une quatrième zone, au bord gauche du tableau, éclairée par les Lumières diffuses répandues dans la chambre d'expérience, est contiguë, pour la vue de l'observateur, avec le fond du vase noir. L'observateur voit donc une série de six éclairages contigus, savoir : 1° le fond noir, éclairage $= 0$; 2° la première zone du tableau, lumière diffuse assimilée à l'effet d'une bougie fictive B_0; 3° la deuxième zone du tableau, éclairée par la lumière diffuse et par la bougie B_I la plus éloignée des quatre; 4°, 5° et 6°, deux zones recevant, outre la lumière diffuse, celles des bougies (B_I et B_{II}), (B_I, B_{II} et B_{III}); et enfin le reste du tableau à droite de la quatrième zone, éclairé par la lumière diffuse et par celles des quatre bougies réelles, et en continuant suivant l'ordre des distances décroissantes jusqu'à B_{IV} inclusivement.

On règle par tâtonnement les distances des quatre bougies au tableau, en commençant par la plus éloignée B_I, de manière que les six éclairages contigus (y compris le zéro du fond noir) présentent à la vue de l'observateur cinq contrastes sensibles aussi parfaitement égaux qu'on peut l'apprécier. Pour régler rapidement ces distances, les lignes droites joignant le bord de l'écran avec les bords des zones du tableau sont tracées avec un crayon de savon sur le drap qui couvre la table, en sorte que l'opérateur n'a qu'à déplacer les supports des bougies suivant les alignements, d'après les indications de l'observateur. Cette égalisation des cinq contrastes étant opérée, l'observateur et l'opérateur permutent leurs fonctions, et on recommence jusqu'à ce que tous les deux jugent l'égalité aussi juste que la sensibilité actuelle peut la donner. Alors on éteint tout sans toucher aux bougies, puis on rouvre les volets de la chambre et on mesure les distances des quatre bougies au tableau.

Dans une première séance, le 16 juin dernier, on a noté les quatre distances, et reconnu que les éclairages jugés équidifférents quant à la Sensation, s'accordaient à très peu près avec la théorie qui sera exposée ci-près; mais la distance de l'écran au tableau, qui était seulement de 1m,15, ne donnait pas assez de netteté aux lignes d'ombre qui limitaient les zones; de plus il y avait des incidences assez obliques pour altérer les éclairages partiels en fonction des carrés des distances, d'autant plus que

dans cette première expérience les cinq zones du tableau avaient 15 millimètres de largeur. En réduisant la largeur des zones à 1 centimètre, et en portant à 20 la distance de l'écran au tableau, on a obtenu des ombres portées nettement tranchées, et des incidences dont la plus grande obliquité est absolument négligeable pour la mesure de l'éclairage. Enfin, les longueurs des rayons éclairants du 16 juin servant de première approximation pour l'expérience du lendemain, on n'a plus eu besoin que de corrections minimes qui n'altéraient pas la Lumière largement diffuse du plafond de la chambre, formant presque tout l'éclairage diffus représenté par une bougie fictive B_0 supposée équivalente à une des quatre bougies réelles.

En commençant le tâtonnement pour égaliser les cinq contrastes de Sensation, dans l'expérience du 17 juin, nous avons d'abord reconnu, mon aide et moi, qu'il nous était resté de l'exercice de la veille une justesse de comparaison des Sensations lumineuses notablement développée par ce simple exercice d'une heure ou deux; ainsi cette faculté se développe par l'exercice, comme toutes les autres, et sans doute aussi elle se développerait encore jusqu'à une certaine limite par un exercice prolongé.

Enfin, les cinq contrastes nous ayant paru aussi exactement égaux que nous pouvions en juger, nous avons tout éteint, rouvert les volets, et mesuré les longueurs des rayons éclairants des quatre bougies, telles qu'elles sont cotées au plan de la planche IV.

Voici maintenant l'analyse théorique par laquelle on peut reconnaître si les distances trouvées s'accordent avec l'hypothèse parabolique.

Une de nos bougies donnant à la distance de 1 mètre une quantité de lumière f, des bougies supposées toutes équivalentes, éloignées du tableau des distances b_{I}, b_{II}, b_{III}, b_{IV}, donnent des éclairages partiels $\frac{f}{b_{\mathrm{I}}^2}$, $\frac{f}{b_{\mathrm{II}}^2}$, $\frac{f}{b_{\mathrm{III}}^2}$, $\frac{f}{b_{\mathrm{IV}}^2}$; quant à la Lumière diffuse qui éclaire seule la zone à droite du tableau et qui s'ajoute aux éclairages de toutes les zones suivantes, on peut l'assimiler à l'effet d'une bougie fictive pareille aux bougies réelles, qui serait à la distance b_0 et fournirait sur tout le tableau un éclairage $\frac{f}{b_0^2}$. Ainsi les 6 éclairages dont les 5 contrastes ont été égalisés ont les valeurs suivantes:

1° Dans le fond de velours noir, l'éclairage est 0;

2° Sur la première zone du tableau :

$$f\left(\frac{1}{b_0^2}\right),$$

3° Sur la zone suivante :

$$f\left(\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}\right),$$

4° Sur la zone suivante :

$$f\left(\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}\right).$$

5° Sur la zone suivante :

$$f\left(\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}\right),$$

6° Enfin, sur le reste du tableau, à droite :

$$f\left(\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}+\frac{1}{b_{IV}^2}\right).$$

Suivant l'hypothèse parabolique, les Sensations lumineuses sont représentées par les racines carrées de ces six éclairages, dont le premier est nul; ou bien, en les divisant tous par le facteur commun f, ces Sensations doivent être proportionnelles à :

$$\sqrt{0},\quad \sqrt{\frac{1}{b_0^2}},\quad \sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}},\quad \sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}},\quad \sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}},$$

et enfin :

$$\sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}+\frac{1}{b_{IV}^2}}.$$

Ces six Sensations lumineuses devant être équidifférentes et la première étant nulle, l'hypothèse parabolique exige que les 4 distances des bougies au tableau satisfassent aux 4 équations suivantes :

$$\sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}}=2\sqrt{\frac{1}{b_0^2}};\qquad \sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}}=3\sqrt{\frac{1}{b_0^2}};$$

$$\sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}}=4\sqrt{\frac{1}{b_0^2}};$$

et enfin :

$$\sqrt{\frac{1}{b_0^2}+\frac{1}{b_I^2}+\frac{1}{b_{II}^2}+\frac{1}{b_{III}^2}+\frac{1}{b_{IV}^2}}=5\sqrt{\frac{1}{b_0^2}}.$$

En les élevant au carré toutes les quatre, la première donne d'abord b_I^2 en fonction de b_0^2; puis cette valeur de b_I^2, substituée dans l'équation sui-

vante, donne b^2_{II} en fonction de b^2_0 seul, et ainsi de suite. Le tout se résume dans l'équation à cinq membres suivante, où l'on voit que les cinq carrés de distances ont pour coefficients les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, ce qui vient de ce que la série des carrés des nombres naturels a pour différences premières la série naturelle des nombres impairs :

$$b^2_0 = 3b^2_I = 5b^2_{II} = 7b^2_{III} = 9b^2_{IV}.$$

CALCUL ARITHMÉTIQUE DE L'EXPÉRIENCE DU 17 JUIN 1885

CALCUL DE L'EXPÉRIENCE DU 17 juin 1885	BOUGIE B_I	BOUGIE B_{II}	BOUGIE B_{III}	BOUGIE B_{IV}
Distances des 4 bougies réelles au tableau	1^m,180	0^m,919	0^m,777	0^m,685
Carrés des distances......................	1,392400	0,844561	0,603729	0,469225
Produits des carrés par les coefficients impairs	4,177200	4,222805	4,226103	4,223025
Somme des 4 produits : 16,849133		Moyenne : 4,212284		
Écarts avec la moyenne..................	— 0,035084	+ 0,010521	+ 0,013819	+ 0,010741
Carrés corrigés des distances............	1,404095	0,842457	0,601753	0,468032
Distances corrigées.................	1,185300	0,917854	0,775729	0,684129
Corrections des distances................	+ 0,005	— 0,001	— 0,001	— 0,0009

Remarques sur ce calcul. — J'ai cru utile de donner ce calcul dans tous ses détails, sans dissimuler les petits écarts entre l'expérience et l'hypothèse parabolique, afin que chacun puisse d'abord vérifier tous ces chiffres et au besoin refaire l'expérience, même en augmentant le nombre des bougies, si les dispositions locales le permettent. Dans ce cas, si on peut employer 8 bougies au lieu de 4, il faudra ajouter, à l'équation à 5 membres ci-dessus, les quatre nouveaux membres suivants :

$$= 11b^2_V = 13b^2_{VI} = 15b^2_{VII} = 17b^2_{VIII}.$$

En outre, si on refait l'expérience, un complément utile consistera, après avoir égalisé à vue d'œil tous les contrastes de Sensations, à faire varier par degrés insensibles chacune des distances entre deux limites, supérieure et inférieure, telles que l'œil reconnaisse que la limite supérieure est trop grande et l'autre trop petite; on fixera chaque distance au milieu entre ces deux limites. Ce soin, appliqué à chacune des bougies employées, ne peut pas manquer de mieux égaliser les contrastes comparés; mais je ne m'en suis pas avisé au mois de juin dernier.

En attendant, il faut voir si la plus forte correction trouvée en calculant l'expérience (5 millimètres à ajouter à b_I qui était de 1^m,18), est assez importante pour jeter du doute sur l'hypothèse parabolique. Or le carré du

rapport de $1^m,185$ à $1^m,180$ est égal à 1,0085, qui dépasse l'unité de moins de 1 pour 100. Je doute que les meilleurs photomètres puissent constater l'inégalité de deux éclairages dans le rapport de 101 à 100. La petite correction calculée, de 5 millimètres sur une longueur de $1^m,18$, serait donc déjà bien peu de chose, même pour la comparaison des quantités de Lumière. Quant aux distances elles-mêmes, elles sont dans le rapport de 237 à 236, ou de $1 + \frac{1}{236}$, c'est-à-dire près de quatre fois moindre relativement que la différence des éclairages. Cette petite correction est donc absolument négligeable. On pouvait d'ailleurs s'attendre à ce que la plus longue des quatre distances mesurées serait la plus fautive. Enfin les corrections calculées pour les trois autres distances b_{II} b_{III} b_{IV}, qui sont sensiblement égales à 1 millimètre, sont négligeables à plus forte raison, d'autant plus que je n'oserais pas répondre du millimètre dans aucune de mes quatre mesures de distance.

De toutes ces remarques, il me semble qu'on peut conclure sans crainte d'erreur :

1° Que M. Plateau a eu raison plus qu'on ne serait porté à le croire, en affirmant que la vue permet de comparer les Sensations lumineuses contiguës avec un degré de justesse très satisfaisant ; cette justesse est même très voisine de celle qui apprécie l'égalité de deux éclairages contigus ;

2° Que ma très simple expérience du 17 juin dernier démontre la vérité de l'hypothèse parabolique. Car non seulement elle comble la lacune subsistant entre le noir pur et le gris un quart blanc, après mes expériences par le Lavis, mais elle empiète même beaucoup sur mes expériences au lavis en s'accordant avec elles : en effet, le bord à droite du tableau, qui recevait la lumière diffuse plus les éclairages réunis des quatre bougies, était au moins aussi brillant que ces éclairages recommandés par Helmholtz « comme agréables et commodes pour lire, écrire, dessiner et travailler ».

Il me semble donc que j'aurais le droit, dès à présent, de qualifier résolument la nouvelle hypothèse de LOI parabolique. Mais je dois m'attendre encore à des objections, telles que l'incertitude de l'équivalence *exacte* de mes quatre petites bougies, et aussi l'existence de la Lumière qui naît dans nos yeux et qui s'ajoute à celles qui viennent du dehors pour impressionner diverses parties de la rétine. Je ne doute pas de l'existence e cette Lumière dite subjective, mais elle est assurément minime et ne ;ut devenir sensible que dans un œil à l'état d'excitation violente et ıngereuse pour la vue. Mais, quelque bonne raison que je puisse donner, est très possible qu'on exagère outre mesure l'importance de toutes les bjections que l'on néglige en soutenant l'hypothèse logarithmique. Il faudra

donc, pour vaincre les dernières objections, avoir recours à d'autres expériences plus précises, qui soient à l'abri de ces objections.

V. — PROJET DE PHOTOMÈTRE A UNE SEULE LAMPE.

J'ai bien mis sous les yeux de la section de Physique, au Congrès du mois d'août 1885, des dessins de disques tournants, suivant un système connu, propres à rendre visibles les effets de diverses graduations de Lumière, afin de choisir parmi ces graduations celle qui donnerait une série de Sensations lumineuses équidifférentes; mais il est certain pour moi que ce système ne permettrait aucune précision pratique dans la mesure des proportions de blanc et de noir composant chaque série de gris. Il faut donc renoncer à ce système d'expériences par les disques tournants.

C'est pourquoi je préfère exposer en quelques mots le principe d'un projet de Photomètre à une seule Lampe, propre à mesurer avec toute la précision exigible les quantités de Lumière présentant à la vue de l'observateur une série de Sensations lumineuses qui soient jugées équidifférentes par tout observateur un peu exercé.

Dans le Photomètre projeté, une série d'écrans blancs mats sont échelonnés à diverses distances d'une seule et même bougie, tous éclairés normalement par la même bougie, et disposés de manière que l'œil de l'observateur voie de chacun d'eux une largeur occupant une même largeur angulaire. Le tout est enfermé dans une cage complètement tapissée en velours noir. Des dispositions faciles permettent à un aide de mettre en place chacun des écrans, à des distances variables à volonté, depuis 2 mètres jusqu'à 20 centimètres, distances toutes aisément mesurables à 1 millimètre près, en même temps que le même aide oriente chaque écran pour qu'il soit éclairé normalement, et que son bord du côté droit laisse voir par l'observateur une largeur convenable de l'écran qui suit immédiatement dans l'ordre des distances.

Je me suis assuré, par un dessin à l'échelle du dixième, qu'on peut porter à dix le nombre des écrans, en donnant à la cage des dimensions dans-œuvre de $2^m,10$ de longueur sur $0^m,40$ de largeur et $0^m,30$ de hauteur. Mais l'abondance des travaux présentés au Congrès de Grenoble ayant obligé de réduire autant que possible l'étendue accordée à chacun, j'ai dû supprimer ces détails, ainsi que les figures relatives à la construction et à l'emploi des écrans mobiles du nouveau Photomètre projeté. Seulement, dans l'espoir que quelque chercheur daignera s'emparer du présent projet, j'ai sollicité de la Commission de publication d'accepter le dépôt, aux archives de l'Association française, du texte détaillé de la description du Photomètre à une seule Lampe, avec les figures des écrans, afin de communiquer le tout à tout physicien qui désirerait s'en servir pour exécuter ce

projet et l'utiliser pour divers progrès de l'optique appliquée au dessin.

Pour moi, je suis trop vieux, et si quelque jeune chercheur consent à exécuter ce projet de Photomètre, je m'empresserai de lui adresser un remerciement sincère et cordial.

La figure 2 de la planche III, réduite à un vingtième, suffirait peut-être toute seule à un constructeur tant soit peu inventif.

VI. — CONSÉQUENCE THÉORIQUE.

Il ne me reste plus qu'à indiquer en quelques mots la conséquence théorique de la nouvelle loi que je propose entre les quantités de Lumière et les intensités des Sensations lumineuses que nous percevons. L'intensité de la Lumière est proportionnelle aux *carrés* des amplitudes des oscillations des molécules de l'Éther; ces amplitudes elles-mêmes sont proportionnelles aux *Efforts* que chaque molécule exige pour s'écarter, de part et d'autre de sa position d'équilibre, d'une demi-amplitude de l'oscillation, et les carrés des amplitudes représentent le *Travail* de ces mêmes Efforts. Il en est certainement de même des ébranlements périodiques éprouvés par les terminaisons des fibres élémentaires de la rétine; ces extrémités des fibres, sous l'ébranlement des vibrations lumineuses incidentes, exécutent des vibrations dont l'amplitude est proportionnelle à celle des ondes éthérées affluentes, et à l'effort transversal imprimé à ces terminaisons des filets rétiniens; mais les travaux de ces ébranlements sont proportionnels aux carrés de ces Efforts et aux carrés des amplitudes. Ainsi la loi que je propose sous le nom de Loi parabolique signifie, en mécanique rationnelle, que nous sentons les Efforts supportés par les éléments nerveux, et *non* les Travaux de ces Efforts. Les quantités de Lumière sont mécaniquement homogènes avec les *Travaux*, avec les *Énergies*, et peuvent se compter en *kilogrammètres*; les *Efforts* supportés par les terminaisons des filets nerveux optiques sont mécaniquement homogènes avec tous les autres Efforts, et peuvent se compter en *kilogrammes*.

Or il en est précisément de même des Efforts musculaires des muscles soumis à la volonté, les seuls Efforts musculaires dont nous ayons la Sensation et la conscience; il en est encore de même des pressions supportées par nos organes du tact, nous sentons l'Effort et non le Travail; pendant ue je tiens à ma main un corps pesant de 10 kilogrammes, et que je l'élève u sol sur une table à 1 mètre de hauteur, ou bien quand je prends ce même rps sur la table pour le déposer à terre, je ne sens pas du tout la *dépense* 10 kilogrammètres de travail dans le premier cas, non plus que le *gain* 10 kilogrammètres dans le second cas : ce que je sens, également dans les eux cas, c'est un Effort de 10 kilogrammes, entre le corps pesant et ma

main, puis certains Efforts musculaires dans tous mes muscles volontaires, Efforts variés dont la résultante générale est égale à 10 kilogrammes. Quant aux Travaux perdus ou gagnés, je n'en ai aucune Sensation pendant la perte ou le gain; je ne peux m'en apercevoir que dans la suite, par le besoin plus ou moins grand de réparation alimentaire et organique. De même pour la vision : la présence prolongée d'une grande Lumière sur les tableaux vivants de mes deux rétines se fait sentir ensuite par un état plus ou moins violent d'excitation nerveuse, qui, pendant un certain temps, altère la perception des Sensations lumineuses.

On pourra remarquer que cette analogie entre l'objet physique des Sensations visuelles et des Sensations tactiles n'est pas une vraie explication; ce n'est qu'une description; mais c'est peut-être déjà quelque chose de savoir d'abord que les quantités de l'espèce Travail sont rarement perceptibles pour nous, tandis que celles de l'espèce Effort sont senties plus ou moins nettement, et quelquefois avec une extrême netteté. Et si plus tard on parvient à expliquer cette remarque dans un cas, on pourra essayer si la même explication conviendrait à un autre cas analogue.

M. J. PILLET

Professeur à l'École des Ponts et Chaussées et à l'École des Beaux-Arts.

UN LUDION BAROMÉTRIQUE

— *Séance du 13 août 1885* —

Description. — L'appareil se compose d'un baromètre ordinaire dans lequel la chambre barométrique A est d'un diamètre beaucoup plus grand qu'à l'ordinaire et est, comme les aréomètres, surmontée d'une tige pleine.

Cette tige est fine et porte soit un point d'affleurement *m* avec un petit plateau C, soit une graduation. La cuvette inférieure F est cylindrique et assez large. Le tout plonge dans de l'eau que contient une grande éprouvette. Un manchon de verre, G, de grand diamètre, mais très léger, sert de flotteur à l'appareil.

Fonctionnement de l'appareil. — Supposons que dans les conditions normales, pour une pression atmosphérique H, l'appareil soit en équilibre et plonge jusqu'au point de repère *m*.

Imaginons que la pression augmente de la quantité H.

Le mercure va monter dans la chambre barométrique. L'espace vide situé au-dessus, qui agit pour faire flotter l'appareil, va diminuer de volume et, comme cela se passe dans le ludion, le baromètre va enfoncer jusqu'à ce que la tige inférieure, plongeant de plus en plus, vienne, en perdant de son poids, rétablir l'équilibre.

Si la tige mm' est graduée, le ludion fonctionnera comme un aréomètre à volume variable.

Si le plateau supérieur contient des poids, on pourra rétablir l'affleurement en enlevant plus ou moins de ces poids et l'appareil fonctionnera comme un aréomètre à volume constant.

Dans les deux cas, l'augmentation de pression H sera une fonction soit de l'enfoncement de la tige, soit des poids enlevés.

On conçoit que si le rapport de la section de la chambre barométrique à la section de la tige mm' est considérable l'appareil sera très sensible, et qu'une faible augmentation H dans la pression atmosphérique le fera beaucoup enfoncer.

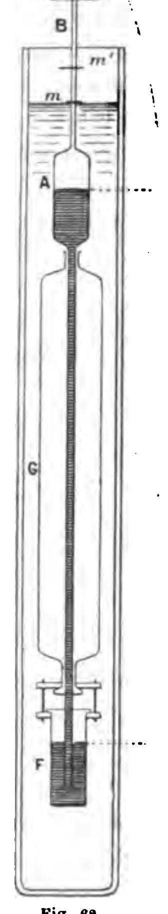


Fig. 62.

Sensibilité de l'appareil. — A. Supposons qu'il fonctionne comme un aréomètre à volume variable, c'est-à-dire à tige graduée.

Données. Soient :

Ω la section intérieure de la chambre barométrique A ;

S celle de la cuvette inférieure, déduction faite du tube barométrique plongeant ;

φ la section de la tige supérieure ;

h l'augmentation (positive ou négative) de la pression atmosphérique ;

u la hauteur dont monte le mercure dans la chambre barométrique ;

t celle dont il descend dans la cuvette inférieure ;

δ la densité du mercure ;

Et enfin :

θ la quantité dont l'appareil enfonce.

On arrive facilement à la formule suivante :

$$(1) \qquad \theta = h \frac{S\delta\Omega}{\Omega(\delta\varphi - \varphi - S) + \varphi S\delta}.$$

Si le ludion agit comme un aréomètre à poids variable et à volume

constant, en désignant par p le poids à ajouter au plateau ou à en retirer, on a la formule :

$$(2) \qquad p = h \frac{\Omega S \delta}{S\delta + \Omega(\delta - 1)}.$$

Dans les deux cas θ ou p sont proportionnels à h.

J'ai indiqué cet appareil à titre de curiosité. Il ne sera jamais bien précis : il faudrait, en effet, pour que les formules précédentes s'appliquassent rigoureusement, que tous les tubes ou tiges de l'appareil fussent parfaitement calibrés ; ce qui sera toujours difficile à réaliser. De plus, les variations de température l'impressionneront très inégalement, attendu que le verre ne se dilate pas suivant les mêmes lois que l'eau. — Enfin, il est loin d'être portatif.

Dans un appartement il est assez intéressant à avoir, à cause de sa sensibilité. Celui que j'ai construit, avec l'aide d'un jeune élève de l'École de physique et de chimie de la ville de Paris, me donne quelquefois, dans une même journée, des dénivellations de 8 et 10 centimètres.

M. J. MACÉ de LEPINAY

Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Marseille

DISPERSION DE DOUBLE RÉFRACTION DU QUARTZ

— Séance du 18 août 1885 —

I

Dans une récente communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie des sciences, j'indiquais par quelle méthode, fondée sur l'observation des franges de Talbot, j'étais parvenu à mesurer, à 1/20000 près environ, en fonction du centimètre de Fraunhofer (*), les épaisseurs de deux lames de quartz parallèles à l'axe de 4 et de 6 millimètres environ d'épaisseur. En les superposant, leurs sections principales étant bien parallèles, et en les introduisant entre un polariseur et un analyseur, de telle sorte que leurs faces fussent exactement normales au faisceau solaire qui les traversait, on a pu donner naissance à un spectre cannelé de Fizeau et Foucault, à franges assez nettes pour se prêter à des pointés

(*) Défini par la condition que la longueur d'onde de la raie D la plus réfrangible, soit exprimée par le nombre $5{,}888 \times 10^{-5}$ cent.

exacts à quelques secondes près. C'est par l'observation des franges les plus voisines des raies principales du spectre A, B, C, D_2, b_1, F, G (*), h et H, que j'ai pu déterminer les valeurs absolues de la différence $n'-n$ des deux indices du quartz pour chacune de ces raies. Les nombres obtenus sont certainement exacts à plus de 1/10000 près, du moins en valeur relative, sauf au voisinage de la raie A, pour laquelle l'exactitude descend à 1/2000 environ.

II

La méthode, complètement différente de celle adoptée dans un premier essai (**), consistait à pointer, pour chacune des raies étudiées, la raie elle-même, ainsi que les quatre franges les plus voisines de part et d'autre (***). Si l'on pose :

$$(1) \qquad \frac{2(n'-n)e}{\lambda}=p,$$

p est un nombre entier, immédiatement connu, pour les centres de chacune des franges observées. On en déduit, par interpolation parabolique, la valeur de p correspondant à la raie étudiée. C'est ainsi qu'on a trouvé, comme moyenne de quatre séries de mesures, ramenées par le calcul à la température de 22°,5, les nombres inscrits dans la deuxième colonne du tableau donné plus loin. La formule (1) nous permettra de passer immédiatement de ces nombres aux valeurs de $n'-n$. Quelques remarques sont ici nécessaires :

1° Dans la formule (1) entrent seulement les rapports $\frac{e}{\lambda}$. Cette formule nous donnera donc immédiatement les *valeurs absolues* de la différence des indices et, cela, indépendamment de l'inexactitude probable du centimètre de Fraunhofer;

2° Dans les mesures d'épaisseurs par les franges de Talbot, on avait adopté pour la longueur d'onde de la raie D_2, dans l'air, à la température moyenne des expériences (16°), le nombre $5{,}888\times10^{-5}$. Si donc, nous voulons obtenir les valeurs de la différence des indices du quartz par rapport au vide, il nous faudra multiplier toutes les longueurs d'onde par l'indice de l'air à 16°, soit par $\nu=1{,}000275$ (on est en droit de négliger la dispersion de l'air). La formule deviendra donc :

$$(2) \qquad \frac{2(N'-N)e}{\lambda}=\nu p.$$

(*) Celle désignée sous ce nom dans l'Atlas d'Angström.

(**) *Journal de physique* (2), t. III, 1883.

(***) Afin d'obtenir dans chaque cas la dispersion la plus favorable, on a eu recours, pour les raies B, C, D_2, b_1, F, au spectre de premier ou de deuxième ordre d'un réseau au 1/500 de millimètre ; pour les raies les plus réfrangibles, ainsi que pour la raie A (invisible en général avec les réseaux), au spectre donné par un flint très dispersif.

La formule (2) nous donnera la différence des deux indices du quartz, par rapport au vide, à la température de 22°,5, à la condition de remplacer l'épaisseur e par l'épaisseur à la même température.

3° Signalons, sans insister sur ce point, une précaution indispensable. Les franges de Talbot donnent uniquement les épaisseurs, au voisinage du bord, des lames employées. Pour obtenir plus de lumière, les franges de Fizeau et Foucault ont été produites en utilisant le centre des lames. On a donc dû tout d'abord déterminer le rapport des épaisseurs centrale et marginale de l'ensemble des deux lames de quartz superposées. On y parvient facilement par l'observation, dans la région la plus favorable du spectre (voisinage de la raie b_1), des franges de Fizeau et Foucault données par le centre et par le bord de ces lames.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus :

Raies	$10^4\lambda$	p	Écarts moyens	N' — N (vide) observés	(1re formule) (1) calc.—observ.	(2e formule complète) (1) calc.—observ.
A	7,6018	235,905	±0,081	0,0089240	— 114	±0
B	6,8674	263,036	±0,020	89891	± 0	±0
C	6,5606	276,308	±0,020	90208	+ 37	+2
D_2	5,8880	310,632	±0,036	91018	+ 73	—4
b_1	5,1823	357,426	±0,011	92176	+ 75	+4
F	4,8600	333,959	±0,023	92860	+ 56	+3
raie 39 (v. de Willigen)	4,3238	438,511	±0,035	94352		+2
G (Angström)	4,3066	440,510	±0,047	94406	+ 7	—5
h	4,1008	466,333	±0,040	95165	+ 1	±0
H	3,9680	484,765	±0,049	95722	± 0	+2

(1) En unités du septième ordre décimal.

III

L'étude de la dispersion de double réfraction du quartz présente une double importance. Tout d'abord, les nombres obtenus permettront d'appliquer avec exactitude la méthode ingénieuse imaginée par M. Mouton, pour mesurer, au moyen des franges de Fizeau et Foucault, les épaisseurs de lames de quartz parallèles à l'axe. Non seulement, en effet, cette méthode est d'une application incomparablement moins laborieuse que celle fondée sur les franges de Talbot, mais elle est seule directement applicable, du moment que l'épaisseur à mesurer dépasse 4 millimètres environ.

D'autre part, l'étude que j'ai entreprise me paraît particulièrement propre à contrôler les formules de dispersion qui ont été proposées par divers auteurs, et par suite les théories qui y ont conduit. Il est à noter, en effet, que la différence des indices du quartz $n' - n$ varie de 6 0/0 dans

la seule étendue du spectre visible. Je me suis particulièrement attaché à examiner l'exactitude des formules de Cauchy et de Briot.

Cherchons tout d'abord à représenter les résultats de l'expérience par la formule de Cauchy, à deux termes :

$$n' - n = a + \frac{b}{\lambda^2}.$$

a et b étant calculés en partant des nombres relatifs aux raies B et H, et les longueurs d'onde étant exprimées en 1/10000 de millimètre, on trouve :

$$10^3 a = 8{,}6946 \qquad \text{et} \qquad 10^3 b = 13{,}776.$$

Les écarts entre le calcul approché et l'observation sont inscrits dans la sixième colonne du tableau.

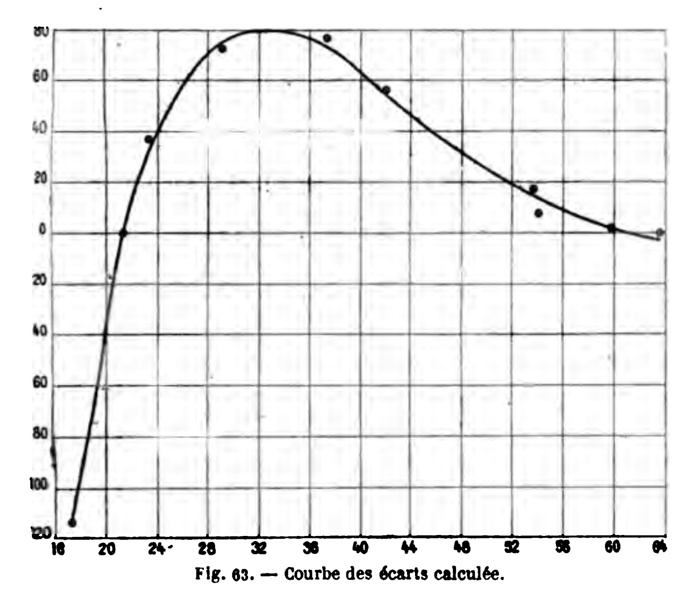


Fig. 63. — Courbe des écarts calculée.

Prenons alors pour abscisses les valeurs de $\frac{1}{\lambda^2}$, pour ordonnées les écarts *calcul-observation*, et cherchons à réunir l'ensemble des points obtenus par une courbe continue (fig. 63). Si la formule de Cauchy, à trois termes, était suffisante, l'équation de la courbe des écarts serait, en posant $x = \frac{1}{\lambda^2}$,

$$y = \alpha + \beta x + \gamma x^2 = \alpha + \frac{\beta}{\lambda^2} + \frac{\gamma}{\lambda^4}.$$

Ce serait donc une parabole. Or, la seule inspection de la figure suffit pour montrer qu'il n'en est rien. La courbe des écarts semble bien plutôt rappeler la forme générale d'une branche d'hyperbole, dont l'*une des*

asymptotes serait presque verticale. Nous pouvons, dès lors, affirmer que *la formule de Cauchy est insuffisante.*

Par contre, si l'on identifiait la courbe des écarts avec une hyperbole ayant une asymptote verticale, son équation serait :

$$y = \alpha + \beta x + \frac{\delta}{x} = \alpha + \frac{\beta}{\lambda^2} + \delta\lambda^2,$$

formule encore insuffisante, mais qui se trouve parfaitement corrigée par l'adjonction d'un terme en γx^2 ou $\frac{\gamma}{\lambda^4}$. La formule complète devient alors :

$$10^3(n' - n) = 8{,}8568 + \frac{10{,}263}{\lambda^2} + \frac{23{,}653}{\lambda^4} - 0{,}002031\lambda^2.$$

Cette formule, à laquelle nous sommes directement conduits, et qui, ainsi que le montre le tableau (dernière colonne), peut-être considérée comme représentant fidèlement les résultats de l'expérience, n'est autre que celle de Briot.

De nouvelles recherches, relatives en particulier aux radiations ultra-violettes, permettront de contrôler plus complètement encore l'exactitude de cette formule.

M. A. RIBAUCOUR

Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Vesoul.

SUR DEUX PHÉNOMÈNES D'HYDRODYNAMIQUE OBSERVÉS AU BASSIN DE SAINT-CHRISTOPHE (B.-D.-R.)

— Séance du 14 août 1885 —

« Quand on déverse dans un bassin des eaux successivement troubles et propres, tout se passe comme s'il s'agissait de liquides de densités différentes, pourvu que la condition réalisée à Saint-Christophe soit remplie, c'est-à-dire pourvu que les eaux alternativement chargées et pures soient introduites *par le fond du bassin.* »

Du 2 septembre 1884 à cinq heures du soir jusqu'au 3 septembre à trois heures du matin, les eaux de l'introducteur se sont trouvées de 30 centimètres plus basses que celles du bassin, lequel a 21 mètres de profondeur et s'étend sur 21 hectares de superficie. Le débit des eaux à la sortie

du bassin est resté absolument constant. L'abaissement dans le canal d'amenée s'était produit en cinq heures de temps. Pendant toute la durée du phénomène, le liquide du bassin présentait une limpidité absolue ; mais dès six heures du matin les eaux de l'introducteur avaient regagné le niveau du bassin ; puis elles se sont élevées graduellement jusqu'à une cote supérieure de 30 centimètres (c'est le niveau des déversoirs). Vers huit heures, un tourbillon, d'abord léger, mais plus tard très accusé, se produisait en avant du débouché de l'introducteur dans le bassin.

Quelques mois après, à l'époque de la vidange du bassin, on a pu constater que l'introducteur n'était nullement obstrué, et que les dépôts tassés se raccordaient par des pentes infiniment douces au fond du bassin, ainsi qu'avec l'embouchure de l'introducteur.

Lorsque le siphon déversoir fonctionne, le bassin étant rempli d'eau vaseuse au fond, mais plus ou moins limpide à la surface, on peut constater le fait suivant, aujourd'hui que les communications entre l'intérieur du puisard, des siphons et le bassin n'ont lieu que par la partie inférieure dudit puisard : après le fonctionnement des siphons, dont les amorceurs et désamorceurs aspirent l'eau du puisard, le plan d'eau se trouve, après désamorcement, inférieur au niveau du bassin d'une quantité qui atteint 3 centimètres. La différence de niveau persiste pendant trois heures au moins en s'atténuant graduellement. L'eau, qu'après désamorcement, on retire du puisard, des siphons, pèse jusqu'à 1^{kg},080 par litre, suivant les circonstances.

Le premier phénomène dont nous avons parlé s'est reproduit avec une intensité moindre les 4 et 5 août 1885, et la différence de cote entre l'amont et l'aval atteignait 17 centimètres. A cette occasion, on a pu observer qu'au moment de l'abaissement

Un litre de liquide superficiel pesait :	Dans l'introducteur...	1^{kg},040 (eau noire très boueuse), par 21° de température.
	Dans le bassin.......	1^{kg} (eau limpide), par 25°.

Le lendemain, à six heures du matin, l'ascension de l'eau dans l'introducteur s'était manifestée, et

Un litre de liquide superficiel pesait :	Dans l'introducteur...	1^{kg},014 (eau boueuse noire), par 21°.
	Dans le bassin.......	1^{kg} (eau limpide), par 23°.

A une heure du soir,

Un litre de liquide superficiel pesait :	Dans l'introducteur...	1^{kg},008 (eau boueuse noire jaspée.
	Dans le bassin.......	1^{kg} (eau colorée jaune).

Le tourbillonnement s'est accru vers quatre heures du matin, au moment où la montée dans l'introducteur s'accusait également.

Remarque. — Quand le bassin fonctionne normalement, la dénivellation entre le niveau en tête de l'introducteur et le plan d'eau du bassin est de 9 à 10 centimètres.

CONSIDÉRATIONS TENDANT A EXPLIQUER CE PHÉNOMÈNE.

Les particules vaseuses en suspension dans un liquide en mouvement s'y maintiennent avec des vitesses qui peuvent être très faibles. Dans ces conditions, alors qu'un volume notable ne peut s'écouler que par des orifices relativement restreints, si l'on interpose par la pensée une lame infiniment mince entre l'eau chargée de vase et le liquide limpide, on admettra facilement qu'il n'y aura pas équilibre entre deux colonnes d'égale hauteur situées de chaque côté de la paroi fictive, bien que la vase ne soit aucunement dissoute dans le fluide limoneux. Il suffit que ce dernier soit plus pesant, ce qui est incontestable. Ceci posé, on admettra que l'expérience des siphons démontre péremptoirement que, lorsqu'on a créé artificiellement deux colonnes d'eau s'équilibrant mutuellement en dépit de la différence des poids élémentaires, l'équilibre ne se rétablit définitivement qu'autant que les couches extérieures et intérieures, grâce à la descente de la vase, ont même poids. Cette remarque conduit à expliquer rationnellement les phénomènes présentés par l'introducteur qui paraissent *à priori* des faits paradoxaux.

Supposons que, dans le bassin rempli d'eau limpide, l'introducteur injecte à *gueule bée* de l'eau très chargée; à la sortie de cet introducteur la vitesse de l'eau amenée est encore considérable. Dès lors, si on néglige les variations de la perte de charge due à l'écoulement, le niveau d'eau dans l'introducteur doit être inférieur à celui du bassin; mais l'eau trouble, pénétrant sans relâche par le fond de celui-ci, et toutes les couches liquides se décantant graduellement de façon à accroître de plus en plus le poids des zones inférieures, bientôt le poids d'un litre d'eau, dans la partie qui dépasse le niveau de sortie de l'introducteur, devient supérieur à celui d'un litre d'eau injectée.

D'ailleurs, presque toujours à des eaux extrêmement chargées, ayant provoqué l'abaissement du plan d'eau en tête de l'introducteur, succèdent au bout de six ou dix heures des eaux bien moins lourdes (bien que souvent en apparence leur opacité n'ait pas diminué). Dans ces conditions, l'eau ne peut entrer dans le bassin qu'en traversant de vive force une couche d'eau vaseuse beaucoup plus lourde qu'elle. La force vive est créée par le remous considérable qui se produit dans l'introducteur, mais si cette force vive créée est nécessaire pour faire remonter les eaux nouvelles à travers les couches lourdes, dès que le volume liquide s'est frayé un passage il subit une poussée latérale qui accroît cette force vive, et le phénomène résultant constitue le tourbillon.

Lorsque le remous d'amont est faible, c'est-à-dire que les couches lourdes du fond dépassent à peine le niveau de sortie de l'introducteur, on s'aperçoit que les eaux superficielles du bassin deviennent rapidement troubles sur toute l'étendue de celui-ci. Le tourbillon est intérieur et n'est pas visible. Au contraire, lorsque le remous est considérable, le tourbillon est absolument apparent.

Il est à noter que l'expérience justifie cette explication par un phénomène topique; en effet, lorsqu'à de l'eau jaune succède dans l'introducteur un liquide d'une autre couleur ou une eau à peu près limpide, le tourbillon qui se produit lorsque débouchent ces derniers fluides met en évidence la première teinte, et l'on doit remarquer que ce fait s'accuse surtout avec des eaux jaunes, d'une nature *sui generis* et plus lentes à se décanter.

Si l'explication ci-dessus ne correspond pas à l'intégration des phénomènes élémentaires inconnus, elle en donne une raison plausible que l'expérience de trois années n'a pas amoindrie.

Remarque. — On est amené logiquement à se demander s'il ne serait pas préférable d'introduire tout simplement les eaux par déversement à la surface du bassin. Il serait peut-être nécessaire d'en arriver là, si le canal de Marseille n'avait qu'un seul bassin de décantation; mais comme la ville en a fait creuser deux qui sont considérables (Saint-Christophe et Réaltort), sans parler des réservoirs secondaires, il y a un réel avantage à introduire les eaux par le fond. En effet, de cette façon les dépôts annuels se répartissent sur tout le bassin, par l'effet même qui a été analysé ci-dessus. Il n'y a donc pas à craindre que les dépôts vaseux se localisent seulement sur certains points, qu'ils affleurent la surface des eaux, qu'ils engendrent des fièvres, et on évite surtout de gêner le dévasement; éventualité dont il faut avant tout se soucier.

Il n'y a pas à craindre que le séjour de l'introducteur, dans ces eaux de densités croissantes, puisse déterminer son obstruction. La vidange de 1884 a été démonstrative à cet égard. Quelle que soit la longueur de l'introducteur, les eaux introduites le draguent constamment (1).

(1) A Saint-Christophe, l'introducteur est un boyau de section presque circulaire de 4 mètres de diamètre, et son débit est au moins de 12 mètres cubes à la seconde.

M. RAOULT

Professeur de chimie à la Faculté des sciences de Grenoble.

SUR LES FIGURES DE CONSTITUTION

— *Séance du 13 août 1885* —

Les formules de constitution des composés chimiques peuvent être rapidement transformées en *figures de constitution*, au moyen des conventions suivantes :

L'hydrogène est représenté par un point. . . . . .
L'oxygène, par une barre. . . . .
L'azote triatomique, par un Y. . . . .
Le carbone, par une croix. . . . .
Le groupe hexatomique C^6, par un hexagone (Kekulé).

Les divers éléments, de même atomicité que les précédents, peuvent être représentés par des signes de formes semblables, mais d'aspects différents.

En groupant convenablement ces différents signes, on peut figurer les composés des types les plus divers. On a, par exemple :

Eau . . . .
Hydrate de potassium. . . . .
Éther. . . . .
Zinc-éthyle . . . .
Chlorure d'éthyle. . . . .
Alcool éthylique. . . . .
Acide acétique. . . . .
Acide benzoïque. . . . .

Acide salicylique. . . . .

Acide tartrique. . . . .

Éthylamine. . . . .

Acétamide. . . . .

Et ainsi de suite.

Ces figures se prêtent parfaitement à l'explication orale des réactions chimiques. Elles sont écrites au tableau et modifiées en un instant, elles parlent aux yeux; et je sais, par une expérience déjà longue, que les élèves les retiennent beaucoup plus facilement que les formules ordinaires.

M. F.-M. RAOULT

Professeur de chimie à la Faculté des Sciences de Grenoble.

PRINCIPES DE CRYOSCOPIE CHIMIQUE ET LEUR APPLICATION A LA DÉTERMINATION DES POIDS MOLÉCULAIRES

— *Séance du 14 août 1885* —

Définitions. — La *Cryoscopie* (de κρύος, glace, et σκοπέω, j'examine) est l'étude des corps dissous, fondée sur l'observation de la température de congélation de leurs dissolutions.

Dans les dissolutions étendues, la partie qui se solidifie la première est formée par le dissolvant pur. La partie qui reste liquide est donc plus concentrée que la dissolution primitive; et, comme le point de solidification est d'autant plus bas que la liqueur est plus concentrée, la température baisse depuis le commencement de la congélation jusqu'à la fin. En présence de ce fait, il est nécessaire de définir la température de congélation d'une dissolution; on le fait comme il suit : la température de congélation d'une dissolution est celle à laquelle la congélation *commence*.

Il résulte de mes expériences que tout corps (solide, liquide ou gazeux) en se dissolvant dans un liquide différent, capable de se solidifier, abaisse le point de solidification de ce liquide. La différence entre la température de congélation d'une dissolution et celle du dissolvant pur est ce qu'on appelle l'*abaissement* du point de congélation de la dissolution considérée.

Méthode d'observation. — La méthode que j'ai suivie pour déterminer le point de congélation des dissolutions est, au fond, la même que celle qui a été employée par MM. Rüdorff et de Coppet; mais j'y ai apporté divers perfectionnements qui permettent de régler le refroidissement, d'agiter continuellement le liquide, d'observer le thermomètre au moyen d'un viseur, et d'arriver ainsi à une précision notablement plus grande.

La dissolution est versée dans un tronçon d'éprouvette, jusqu'à un trait correspondant à 120 centimètres cubes. Ce tronçon d'éprouvette est introduit dans un vase cylindrique en cuivre épais un peu plus large, qui sert à la soutenir et qui repose à son tour, par son bord supérieur, sur l'anneau d'un support. Un thermomètre très sensible, divisé en cinquantièmes de degré, est fixé au milieu du liquide; il est observé au moyen d'une lunette. Le liquide est constamment agité au moyen d'un agitateur en platine, animé d'un mouvement automatique. — Immédiatement au-dessous de ce système, qui est fixe, se trouve un mélange réfrigérant que l'on peut élever ou abaisser à volonté au moyen d'une vis, et au milieu duquel se trouve un vase contenant une dissolution concentrée de chlorure de calcium. En élevant plus ou moins le mélange réfrigérant, on y fait plonger plus ou moins le vase qui contient la dissolution étudiée, et on peut ainsi la refroidir plus ou moins rapidement. Ordinairement, je m'arrange pour que la vitesse de refroidissement soit d'environ 1/10 de degré par minute. Lorsque la température de la dissolution en expérience est descendue de 2 à 3 dixièmes de degré au-dessous du point de congélation (déterminé approximativement par une expérience préliminaire), on introduit dans le liquide une parcelle de la même dissolution déjà solidifiée. Aussitôt, la congélation commence et la glace apparaît sous la forme de paillettes qui se multiplient et flottent dans le liquide. En même temps, le thermomètre remonte et il ne tarde pas à atteindre un point où il se fixe, pour un temps d'autant plus long que le refroidissement est plus lent et que la dissolution est plus étendue; après quoi, il baisse de nouveau. C'est ce point fixe, atteint par le thermomètre, dans son mouvement ascendant, qui est pris pour la température de congélation de la dissolution.

Il y a, dans cette détermination, une cause d'erreur inévitable résultant de ce que la composition du liquide change et, par suite, de ce que son point de congélation s'abaisse à mesure qu'il se forme une plus grande quantité de glace. Mais, en opérant comme je viens de le dire, on rend cette erreur sensiblement nulle. Avec les dissolutions aqueuses, la quantité

de glace formée dans ces conditions est assez faible pour que l'erreur qui en résulte n'atteigne pas 1/200 en valeur relative. Avec les dissolutions faites dans l'acide acétique et dans la benzine, l'erreur paraît un peu plus forte, sans cependant dépasser 1/100.

La température de congélation du dissolvant pur s'obtient de la même manière au commencement de chaque série d'expériences, avec une approximation tout aussi grande. Il en résulte que *l'abaissement du point de congélation* peut être obtenu à 1/100 près, en valeur relative, et sans correction d'aucune sorte. C'est donc une des données physiques qui peuvent être obtenues avec le plus d'exactitude.

Coefficients d'abaissement. — Le quotient $\frac{C}{P}$ qu'on obtient en divisant l'abaissement C du point de congélation par le poids P de matière anhydre dissoute dans 100 grammes de dissolvant, constitue le *coefficient d'abaissement* du point de congélation du corps dissous. Le coefficient d'abaissement d'un corps, dans un dissolvant déterminé, n'est presque jamais constant et indépendant de C et de P, comme le voudrait la loi de Blagden; et cela s'explique, tout en admettant que cette loi reste vraie en principe, soit par la décomposition partielle, soit par la condensation du corps dissous, soit enfin, comme l'a montré M. Rüdorff (1), par sa combinaison avec quelques molécules dissolvantes. Dans les deux premiers cas, ce coefficient diminue à mesure que la liqueur devient plus concentrée; dans le dernier cas, il augmente.

Si l'on prend pour abscisses les abaissements C du point de congélation et pour ordonnées les coefficients d'abaissement $\frac{C}{P}$ correspondants, on obtient des courbes qui représentent les variations des coefficients d'abaissement. Elles ressemblent, en général, à des arcs d'hyperbole qui tournent leur convexité du côté de l'axe des abscisses et dont la grande branche s'éloigne de l'axe des ordonnées. Dans l'eau employée comme dissolvant, la courbe reste sensiblement rectiligne de $C = 2°$ à $C = 4°$ et au delà. Dans l'acide acétique et la benzine, il en est à peu près de même de $C = 0°,5$ à $C = 2°,5$.

Coefficients d'abaissement à l'origine. — Si l'on prolonge la partie sensiblement rectiligne de la courbe des coefficients d'abaissement jusqu'à sa rencontre avec l'axe des ordonnées, l'ordonnée du point d'intersection représente la valeur que prendrait le coefficient d'abaissement pour $C = 0$, si malgré une dilution de plus en plus grande, la constitution du corps dissous restait la même ou variait suivant la même loi que dans la partie rectiligne de la courbe. La valeur ainsi déterminée, je l'appelle coefficient

(1) *Poggendorff Annalen*, Bd 116 et 117 n (1861-62).

d'abaissement *initial* du corps considéré et je la représente par A. L'expérience montre que le coefficient d'abaissement initial A se rapproche toujours beaucoup du coefficient d'abaissement qui correspond à un abaissement faible du point de congélation et voisin, par exemple, de *un degré* centigrade; l'écart dépasse rarement 1/20.

Abaissements moléculaires. — J'appelle abaissement *moléculaire* de congélation l'abaissement que produirait une molécule d'un composé dans 100 grammes de dissolvant, *cette molécule étant prise dans l'état où elle existe réellement dans la dissolution, lorsque la courbe des coefficients d'abaissement est rectiligne.* Je représente cette quantité par T. Le calcul démontre que, pour obtenir l'abaissement moléculaire T d'une substance, il suffit de multiplier le coefficient d'abaissement initial A par le poids moléculaire M de cette substance, supposée anhydre; de sorte que l'on a :

$$A \times M = T.$$

Il n'est pas toujours possible d'obtenir ainsi l'abaissement moléculaire d'un corps, soit parce que ce corps est rare, soit parce qu'il est peu soluble. Mais pourvu que la quantité du composé dissous soit assez grande pour produire un abaissement voisin de *un degré*, on obtient, PAR UNE SEULE OBSERVATION, une valeur qui s'approche toujours du coefficient d'abaissement initial, et qui s'en rapproche assez pour pouvoir lui être substitué dans le calcul de l'abaissement moléculaire, sans qu'il puisse en résulter d'erreur grave.

La considération des abaissements moléculaires de congélation a été introduite dans la science par M. de Coppet (1) (qui les désignait sous le nom d'abaissements atomiques). Ce savant ne les avait pas définis d'une manière bien précise et il n'avait pas de méthode exempte d'hypothèse pour les calculer dans les cas nombreux où la loi de Blagden semble en défaut. Néanmoins, il a remarqué que « *les différents sels, dissous dans l'eau, se classent par groupes ayant à peu près le même abaissement atomique de congélation.* » Réduite à ces termes, l'observation importante de M. de Coppet est restée parfaitement exacte et elle constitue un premier indice des lois générales qui régissent le phénomène.

J'ai multiplié les expériences en dissolvant dans l'eau non seulement les sels, mais encore les acides, les bases et surtout les matières organiques, dont aucune n'avait encore été examinée à ce point de vue. Je ne me suis pas borné à employer l'eau comme dissolvant, ainsi que l'avaient fait mes devanciers; j'ai aussi employé l'acide acétique, l'acide formique, la benzine, la nitrobenzine, le bibromure d'éthylène, tous liquides capables de se solidifier à des températures exactement mesurables. Dans chacun de ces

(1) *Annales de chimie et de physique*, 4e sér., t. XXIII, XXV, XXVI (1872).

dissolvants, j'ai dissous un grand nombre de corps appartenant aux différents types chimiques et je suis arrivé ainsi à des résultats d'une simplicité remarquable (1). Je me bornerai à rappeler ici ceux qui peuvent être appliqués à la détermination des poids moléculaires.

Abaissement moléculaire dans l'eau. — Dans l'EAU employée comme dissolvant, les abaissements moléculaires de congélation sont toujours voisins des nombres 19, 35, 40, 45.....130.

L'abaissement moléculaire 19 est commun à tous les composés organiques. Il appartient également aux acides faibles et aux bases faibles (C^2H^6O, $C^2H^4O^2$, HS, AzH^3...).

L'abaissement 35 appartient aux sels alcalins à acides monobasiques, aux alcalis et aux acides monobasiques forts (K*Cl*, $KAzO^3$, KHO...).

L'abaissement 40 est produit par les sels alcalins neutres à acides bibasiques et aux acides bibasiques forts K^2SO^4, K^2CrO^4, H^2SO^4).

L'abaissement 45 caractérise les sels des métaux biatomiques à acides monobasiques et les bases alcalinoterreuses ($BaCl^2$, $BaAz^2O^6$, BaH^2O^2...).

L'abaissement 17,5 est produit par les sels des métaux biatomiques à acides bibasiques ($MgSO^4$, $MgCrO^4$...).

L'abaissement 130 est celui des chlorures et des azotates des métaux hexatomiques (Al^2Cl^6, $Al^2Az^6O^{18}$...).

Abaissements moléculaires dans les autres dissolvants. — Dans les dissolvants autres que l'eau, les abaissements moléculaires suivent des lois plus simples.

Dans l'acide ACÉTIQUE, employé comme dissolvant, les abaissements moléculaires de tous les composés organiques sont compris entre 36 et 40, et, le plus souvent, sont voisins de 39. Les chlorures anhydres, solubles dans l'acide acétique (chlorure de soufre, d'arsenic, d'étain, etc.), y produisent le même abaissement moléculaire 39.

Dans la BENZINE employée comme dissolvant, les abaissements moléculaires de tous les corps qui ne sont ni des alcools, ni des acides sont compris entre 47 et 51, moyenne 49. Quant aux alcools et aux acides, ils y produisent un abaissement moléculaire voisin de 25; c'est-à-dire sensiblement moitié du précédent, comme si leurs molécules chimiques étaient soudées deux à deux. Je considère cet abaissement comme anormal.

Dans l'acide formique, la nitrobenzine, le bibromure d'éthylène, on observe des résultats analogues. Tous les faits relatifs aux abaissements moléculaires normaux, produits dans les dissolvants organiques, sont d'ailleurs compris dans la loi suivante :

Si l'on dissout une molécule quelconque dans 100 molécules d'un liquide quelconque, de nature organique, on détermine, dans le point de congéla-

(1) Raoult, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences* de 1880 à 1885. — *Annales de chimie et physique*, 5e sér., t. XX et XXVIII; 6e sér., t. II et IV.

tion de ce liquide, un abaissement toujours à peu près le même et voisin de 0°,62.

Détermination des poids moléculaires. — Les faits précédents conduisent à une méthode nouvelle et très générale pour la détermination des poids moléculaires.

Le coefficient d'abaissement initial A d'un corps dissous et le poids moléculaire M de ce corps, supposé anhydre, sont, nous l'avons dit, unis par la relation :

$$A \times M = T \ldots\ldots (\alpha).$$

Nous savons maintenant que l'abaissement moléculaire T, qui y figure, est une quantité variable d'un dissolvant à l'autre, mais qui, dans un même dissolvant, reste le même pour des groupes de composés nombreux et bien définis. La quantité T est donc connue ; par exemple, on a :

T = 39 *pour tous les composés organiques dissous dans l'acide acétique;*

T = 19 *pour tous les composés organiques dissous dans l'eau;*

T = 35 *pour tous les sels alcalins à acides monobasiques dans l'eau, etc.*

D'autre part, l'expérience peut donner le coefficient d'abaissement initial A, ou, tout au moins, une valeur voisine de cette quantité. La valeur approchée du poids moléculaire M peut donc aisément être tirée de l'équation (α). Quant à sa valeur exacte, on l'obtient comme il suit : *Parmi les poids moléculaires possibles du composé considéré, on cherche quel est celui qui diffère le moins de la valeur approchée ainsi déterminée, et c'est celui-là qu'il faut adopter.*

Tout liquide, capable de se solidifier à une température exactement mesurable, peut être employé comme dissolvant pour cette recherche; mais l'acide ACÉTIQUE et l'EAU sont particulièrement recommandables et ils suffisent presque toujours. Pour les chlorures décomposables par l'eau, la benzine est le dissolvant qui doit être préféré.

Poids moléculaires des matières organiques. — Pour préciser, supposons qu'il s'agisse d'établir le poids moléculaire d'un *composé organique;* de l'Éther, par exemple. On dissout l'Éther dans l'acide ACÉTIQUE et on trouve que son coefficient d'abaissement, pour un abaissement voisin de 1°, est de 0°,532. On doit avoir approximativement, d'après la formule (α): $0{,}532 \times M = 39$; d'où l'on tire $M = 73$. La valeur exacte du poids moléculaire de l'éther n'est donc pas éloignée de 73. Or, pour un chimiste qui fait usage des équivalents, le poids moléculaire de l'éther ne peut être que 37 (chiffre qui correspond à la formule équivalente C^4H^5O) ou $37 \times 2 = 74$ ou $37 \times 3 \ldots$, etc... Parmi ces nombres, 74 est évidemment le plus rapproché de 73, et c'est lui qui doit être adopté.

On peut contrôler ce résultat en dissolvant l'Éther dans l'EAU. Le coefficient d'abaissement de l'éther dans l'eau, pour un abaissement voisin

de 1°, est 0,23. On doit donc avoir : $0{,}23 \times M = 19$; d'où $M = 82$. Parmi les poids moléculaires possibles, 74 est évidemment celui qui se rapproche le plus de 82, et c'est par conséquent 74 qui est le véritable poids moléculaire de l'éther. Bien qu'on soit ici dans de mauvaises conditions, la vérification est, comme on voit, satisfaisante.

Poids moléculaire des matières minérales. — Supposons à présent qu'il s'agisse de déterminer le poids moléculaire d'un acide minéral, d'une base minérale ou d'un sel ; ou, ce qui revient au même, qu'il s'agisse de déterminer la basicité d'un acide ou l'atomicité d'un métal.

La *basicité d'un acide* pourra se reconnaître comme il suit. J'ai dit plus haut que, dans la formule $AM = T$, on a $T = 35$ pour les sels alcalins à acide monobasique, dissous dans l'eau, et $T = 40$ pour les sels alcalins neutres à acide bibasique. J'ajoute que l'on a, à peu près, $T = 45$ pour les sels alcalins neutres à acide tribasique. Si l'on désigne par E le poids d'un sel alcalin neutre qui renferme un Équivalent de métal, on a $E = M$ pour les premiers, $E = \frac{M}{2}$ pour les seconds et, enfin, $E = \frac{M}{3}$ pour les derniers.

Il en résulte pour les divers sels alcalins neutres dissous dans l'eau :

$AE = 35$ si l'acide est monobasique.

$AE = \frac{40}{2}$ ou 20 si l'acide est bibasique.

$AE = \frac{45}{3}$ ou 15 si l'acide est tribasique...

Cela posé, on fait passer l'acide en expérience à l'état de sel alcalin neutre, en le saturant avec la potasse, la soude ou l'ammoniaque ; on dissout le sel formé dans l'eau ; on détermine son coefficient d'abaissement initial A ; enfin, on calcule la valeur du produit $A \times E$. Suivant que ce produit se rapproche de 35, de 20 ou de 15, on conclut que l'acide du sel est monobasique, bibasique ou tribasique.

Comme exemple, proposons-nous d'établir la basicité de l'acide chromique. Le coefficient d'abaissement initial A du chromate neutre de potasse dans l'eau est 0,200. Le poids E du même sel qui renferme un Équivalent (ou 39 gr.) de potassium est 97,25. Le produit $A \times E$ est donc ici égal à $0{,}200 \times 97{,}25$, c'est-à-dire égal à 19,45. Or, ce nombre 19,45 se rapproche plus de 20 que de 35 ou de 15, et il faut en conclure que l'acide chromique est bibasique.

Voyons maintenant comment on peut reconnaître l'*atomicité du métal* dans un sel.

Nous savons que les abaissements moléculaires des azotates métalliques sont égaux à 35 ou à 45, suivant que le métal est monoatomique ou biatomique. Si donc on désigne par E le poids d'azotate renfermant un Équivalent (ou 35 gr.,5) d'azote, on a :

$AE = 35$ si le métal de l'azotate est monoatomique.

$AE = \frac{45}{2}$ ou 22,5 si le métal est biatomique ou polyatomique.

Cela dit, on détermine le coefficient d'abaissement initial A de l'azotate du métal considéré, dissous dans l'eau ; on calcule la valeur du produit $A \times E$; et, suivant que ce produit est voisin de 35 ou de 22,5, on peut dire avec certitude si le métal de l'azotate est monoatomique ou s'il ne l'est pas.

Les chlorures peuvent, dans cette recherche, être substitués aux azotates, sans qu'il soit nécessaire de rien changer aux chiffres précédents.

Quel est, par exemple, l'atomicité de l'argent ? Le coefficient d'abaissement initial A de l'azotate d'argent est 0,200. Le poids E de ce sel qui renferme un Équivalent d'azote (ou une molécule d'acide azotique) est 170. Or, $0,200 \times 170 = 34$. Ce nombre 34 se rapprochant notablement plus de 35 que de 22,5, nous devons conclure que l'argent est monoatomique.

Chacun pourra déduire, des données contenues dans cette note, d'autres moyens de décider ces diverses questions et, par conséquent, de contrôler les résultats obtenus.

En résumé, la méthode cryoscopique permet de déterminer directement les poids moléculaires des composés organiques solubles dans l'eau, l'acide acétique ou la benzine. Elle permet également d'y parvenir pour les chlorures anhydres solubles dans les deux derniers dissolvants. Elle donne le moyen de reconnaître avec certitude si un radical salin est monobasique ou non, monoatomique ou non ; et, par conséquent, de décider la plupart des questions qui se posent relativement aux poids moléculaires des sels. Entre toutes les méthodes physiques qui permettent d'arriver à la connaissance des poids moléculaires, la méthode cryoscopique est donc de beaucoup la plus générale; c'est en même temps l'une des plus sûres, puisque la plupart de ses indications peuvent être contrôlées de différentes manières.

M. V. ROUSSEL

Chimiste, à Clermont.

FABRICATION DU KERMÈS VÉTÉRINAIRE A FROID

— *Séance du 19 août 1885* —

Bien des procédés ont été donnés pour obtenir le kermès, et en particulier le kermès vétérinaire, mais aucun assurément ne peut permettre de

l'obtenir aussi avantageusement que celui dont voici la description :

On pulvérise aussi finement que possible le régule ou sulfure d'antimoine du commerce, de manière à se rapprocher le plus possible de l'état impalpable. On le mélange très intimement à sec, et très rapidement avec la moitié de son poids de sel de soude à 85° . On arrose ce mélange jusqu'à ce que l'on obtienne une bouillie demi-claire. Au bout de peu de temps il se produit un durcissement considérable, à tel point que pour casser la masse, il faut faire usage du ciseau et du marteau ; en même temps que le durcissement s'opère, il y a élévation notable dans la température, et la couleur du mélange, de noire qu'elle était primitivement, devient peu à peu marron.

On évite que le durcissement soit au complet et l'on ajoute une certaine quantité d'eau, que l'on fait pénétrer dans la masse par une bonne trituration. Si un deuxième durcissement venait à se produire, on l'éviterait de la même façon que ci-dessus. Après 24 ou 36 heures, toute la masse a un aspect gras, presque butyreux. On laisse ainsi l'action se prolonger pendant 10 à 15 jours. Il ne reste plus qu'à mettre sur un filtre, laver à grande eau, jusqu'à cessation de réaction alcaline et sécher. On a ainsi un excellent kermès vétérinaire.

Si l'on essaie de dissoudre ce kermès dans une solution de soude ou de potasse, une partie seulement se dissout et il reste une matière d'un vert noirâtre, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, de composition analogue à la partie soluble, et qui ne nuit en rien à la qualité du kermès. Cette partie insoluble dans la soude ou la potasse est soluble à l'ébullition dans un lait de chaux très clair.

Les liquides résultant des lavages peuvent être réunis, concentrés et donnent un très beau kermès, comparable comme beauté et comme qualité au beau kermès médicinal dit de Cluzel.

M. P. CHAUTARD

Préparateur du laboratoire de chimie à l'École polytechnique.

SUR L'IODALDÉHYDE

Séance du 19 août 1885 —

L'action de l'iode sur l'aldéhyde est comparable à celle de ce métalloïde sur l'acétone.

Si l'on met en présence, dans un matras, de l'iode et de l'aldéhyde, le mélange émet au bout de peu de jours des vapeurs irritantes, provoquant

les larmes, et qui sont dues à la production d'iodaldéhyde dont il est facile de constater la présence. En effet, quand on distille l'aldéhyde en excès et qu'on élève la température à 80-100°, il se dégage des vapeurs abondantes d'iode et il reste dans la cornue un dépôt de charbon qui provient évidemment de la décomposition d'une certaine quantité d'aldéhyde iodée.

L'iodaldéhyde prend donc naissance dans l'action directe de l'iode sur l'aldéhyde, mais on ne peut utiliser cette réaction pour la préparer, car il est impossible de la séparer sans décomposition de l'iode et de l'aldéhyde en excès.

Il est, au contraire, facile d'en produire de grandes quantités quand on fait réagir sur l'aldéhyde non plus l'iode, mais un mélange d'iode et d'acide iodique.

Préparation. — On introduit dans une fiole à fond plat 40 centimètres cubes d'aldéhyde et 80 centimètres cubes d'eau. La dissolution effectuée, on ajoute 50 grammes d'iode sublimé et 20 grammes d'acide iodique cristallisé ; enfin on abandonne le mélange à lui-même dans un endroit frais.

Après vingt-quatre heures on observe la formation de stries huileuses, qui augmentent rapidement, et, au bout de trois à quatre jours, la masse, complètement liquide, est divisée en deux couches, dont l'inférieure est l'iodaldéhyde, qu'on sépare à l'aide d'un tube à brome.

La réaction est la suivante :

$$5\,(C^2H^4O) + 4\,I + IO^3H = 3\,H^2O + 5\,(C^2H^3IO).$$

Le rendement est théorique.

L'aldéhyde que j'ai employée dans ces recherches est de l'aldéhyde pure du commerce, elle contient environ 80 0/0 d'aldéhyde.

La dissolution de l'aldéhyde dans l'eau se fait avec dégagement de chaleur ; il importe de refroidir énergiquement le ballon pour éviter la perte de l'aldéhyde ; par contre, l'addition d'iode et d'acide iodique n'est pas accompagnée d'un dégagement sensible de chaleur.

Il est important de surmonter le matras mis en expérience d'un tube de sûreté, dans lequel on introduit un liquide lourd, du mercure, par exemple, en quantité suffisante pour faire équilibre à la tension de vapeur de l'aldéhyde à la température ambiante.

Si, au lieu d'opérer sur l'aldéhyde étendue d'eau, on fait agir l'iode et l'acide iodique sur l'aldéhyde pure, la masse s'échauffe vivement et il se fait une matière résineuse, noire, formée vraisemblablement de produits de condensation, et que je n'ai pas encore examinée.

L'addition d'une quantité d'eau plus grande que celle que j'indique n'a d'autre effet que de ralentir la réaction.

L'iodaldéhyde obtenue ainsi est fortement colorée en brun par une

petite quantité d'iode, dont on peut la débarrasser en l'agitant avec du mercure. Ce mode de purification n'est pas à recommander parce que l'aldéhyde iodée retient dans ce cas une notable proportion d'iodures de mercure.

Il est préférable d'enlever l'excès d'iode par quelques gouttes d'ammoniaque aqueuse.

Le corps ainsi préparé et purifié a été soumis à l'analyse :

1° 0g,4835 ont donné 0g,2478 d'acide carbonique, et 0g,0826 d'eau.

2° 0g,8399 ont donné 1g,1675 d'iodure d'argent, soit en centièmes :

	Trouvé		calculé pour
	I	II	C^2H^3IO
C	13,98	»	14,11
H	1,9	»	1,76
I	»	75,02	74,70
O	»	»	9,41

Propriétés.— L'iodaldéhyde $CH^2I—CHO$ est un liquide incolore, brunissant rapidement à la lumière, de densité 2,14 à 20° ; c'est un caustique très énergique ; elle n'est pas inflammable.

Une température de 80° suffit pour la décomposer entièrement et on ne peut la distiller sans l'altérer, même dans un vide de 4 centimètres.

Elle émet à la température ordinaire des vapeurs suffocantes qui irritent vivement les yeux. Comme l'iodacétone, on ne doit manipuler l'iodaldéhyde qu'en plein air.

L'aldéhyde mono-iodée est très soluble dans l'alcool, l'éther, l'huile de pétrole, etc. L'eau chargée d'aldéhyde peut en dissoudre de grandes quantités.

Réactions.— L'iodaldéhyde est un corps très instable ; elle est décomposée entièrement par les alcalis, soude, potasse etc., et les acides minéraux. Les ammoniaques composées forment avec elle des combinaisons intéressantes.

Avec l'aniline, elle donne le corps :

$$CH^2I—CH \begin{matrix} \diagup C^6H^5AzH \\ \diagdown C^6H^5AzH \end{matrix}$$ bien cristallisé en aiguilles brun-noir très brillantes.

La toluidine et la diphénylamine paraissent donner des combinaisons semblables.

(La combinaison avec l'aniline a été analysée.)

J'étudie actuellement l'action de l'urée et du sulfocyanate d'ammonium.

Je n'ai pas encore réussi à obtenir un hydrate.

Enfin, l'iode et l'acide iodique agissent d'une manière analogue sur les utres aldéhydes, et je me propose d'étudier leur action sur le valéral et aldéhyde de benzylique.

MM. A. COLSON et H. GAUTIER

ACTION DU PERCHLORURE DE PHOSPHORE SUR LES MÉTHYLBENZINES

— *Séance du 19 août 1885* —

On sait que l'on obtient facilement l'aldéhyde téréphtalique (paraxylénique) en projetant dans l'eau la masse résultant de l'attaque de l'éthyline paraxylénique par le perchlorure de phosphore. Dans l'attaque, il y a formation d'oxychlorure et de trichlorure de phosphore, avec dégagement d'acide chlorhydrique et de chlorure d'éthyle. C'est ce qu'expriment les deux réactions suivantes :

$$C^6H^4\left|\begin{matrix}CH^2OH\\CH^2OC^2H\end{matrix}\right. + 2PhCl^5 = C^6H^4(CH^2Cl)^2 + 2PhOCl^3 + \begin{matrix}HCl\\C^2H^5Cl\end{matrix}$$

$$C^6H^4(CH^2Cl)^2 + 2PhCl^5 = C^6H^4(CHCl^2)^2 + 2PhCl^3 + 2HCl.$$

L'action de l'eau donne ensuite :

$$C^6H^4(CHCl^2)^2 + 2H^2O = C^6H^4(COH)^2 + 4HCl.$$

Il semble donc que le perchlorure réagisse par son chlore dissocié (1). Si tel est le mode d'action de ce réactif, le paraxylène lui-même devra se chlorurer à la façon de l'éthyline et donner au moins 2 degrés de chloruration, l'une correspondant aux alcools, l'autre aux aldéhydes. C'est dans le but de confirmer ces prévisions que nous avons entrepris les expériences qui suivent :

Premier degré de chloruration. — On chauffe en tubes scellés pendant quatre heures vers 175-180° dix grammes de paraxylène, avec la quantité de perchlorure nécessaire à leur transformation en dichlorhydrine $C^6H^4(CH^2Cl)^2$. Après refroidissement, les tubes ouverts à la lampe laissent échapper une énorme quantité de gaz chlorhydrique et retiennent un mélange de protochlorure de phosphore et de chlorhydrine xylénique. On distille le protochlorure et on purifie le dérivé du xylène par cristallisation dans l'alcool. Le composé ainsi obtenu fond à 100° et fournit par saponification le glycol tollylénique fusible à 113°.

Dans les mêmes conditions de traitement, l'orthoxylène se change en dichlorure isomérique du précédent. On sépare ce corps des produits secondaires par distillation dans le vide. On refroidit dans le chlorure de méthyle les portions qui passent entre 130 et 150° : celles-ci se prennent en cristaux, parfois cependant un germe est nécessaire à la prise ; on filtre ces cristaux à la trompe en refroidissant le filtre, on les comprime à la presse, puis on les fait cristalliser dans l'éther léger de pétrole. On obtient ainsi un corps pur (Cl 0/0 40,37, au lieu de 40,57), fusible à 54°,8, et

(1) Voir Comptes rendus, décembre 1884.

qui, saponifié par l'eau, donne naissance au glycol orthoxylénique $C^6H^4(CH^2OH)^2$.

Les rendements obtenus avec ces deux carbures sont bons (11 à 12 grammes de chlorure pour 10 grammes de xylène); il n'en est plus de même lorsque l'on cherche à chlorurer des groupes méthyle occupant la position méta.

Le métaxylène fournit encore des quantités notables de dichlorhydrine; mais, pour isoler cette dernière, il faut avoir recours à sa transformation en glycol par l'eau bouillante.

Le mésitylène donne des rendements plus mauvais : il est vrai que le carbure employé n'était pas très pur. Malgré le maigre résultat obtenu avec ce dernier, nous pouvons conclure :

1° Que le perchlorure de phosphore agit sur les chaînes latérales des méthylbenzines avant d'agir sur le noyau aromatique, quoique le noyau des autres carbures aromatiques s'attaque facilement par le perchlorure, ainsi qu'il résulte des travaux de M. Merz et de ses élèves;

2° Que le chlore dégagé du perchlorure agit, par conséquent, avec l'énergie du chlore insolé.

Deuxième degré de chloruration. — En chauffant trois heures vers 180-190°, en tubes scellés, un mélange de toluène et de perchlorure en proportion convenable pour donner naissance au chlorure de benzylène, on réussit à séparer, par distillations fractionnées, un liquide bouillant à 199-201°, identique au chlorure de benzylène, car il contient la quantité de chlorure voulue (Cl 0/0 43,28, au lieu de 44,10) et, saponifié par l'eau à la température de 150°, il se convertit en une huile qui fait prise avec le bisulfite de soude et donne par oxydation un acide fusible à 121°; l'acide benzoïque fond à 121°, l'huile est donc bien l'aldéhyde benzoïque.

5cc,5 de paraxylène chauffés en tubes scellés à 190°, avec 40 grammes de perchlorure, pendant trois heures, se changent en un liquide limpide et transparent, constitué par le mélange d'une huile jaunâtre avec du chlorure phosphoreux. Après avoir chassé celui-ci par distillation, on refroidit la portion huileuse : elle abandonne alors un solide, que l'on purifie par filtration à la trompe, compressions et cristallisations dans l'éther ; on obtient ainsi des cristaux transparents, incolores, fusibles à 93°, et répondant à la composition exprimée par la formule $C^6H^4(CHCl^2)^2$. Il contient, en effet, Cl 0/0 58,34, au lieu de 58,19, et il se transforme en aldéhyde téréphtalique lorsqu'on le fait bouillir avec de l'eau au réfrigérant ascendant (1). Cette réaction paraît donner de bons résultats avec l'orthoxylène.

(1) Ce tétrachlorure ne se décomposant pas instantanément par l'eau, il est probable que l'éthyne tollylénique est transformée directement, par perte d'hydrogène, en aldéhyde :

$$C^6H^4\left|\begin{matrix}CH^2OH\\CH^2OC^2H^5\end{matrix}\right. + 2PhCl^5 = 2PhCl^3 + C^6H^4\left|\begin{matrix}COH\\COH\end{matrix}\right. + 3HCl + C^2H^5Cl.$$

M. J.-H. GLADSTONE, F. R. S.

A Londres.

SUR LA RÉFRACTION ET LA DISPERSION SPÉCIFIQUES

— *Séance du 19 août 1885.* —

Ayant eu l'honneur, en 1872, d'aborder devant les membres de l'Association française, réunis à Bordeaux, le sujet des équivalents de réfraction, je me hasardais à dire que « les indices de réfraction joueraient un rôle important dans la chimie de l'avenir. »

Pendant quelques années, néanmoins, il n'a pas été fait beaucoup pour le progrès de cet ordre de recherches ; mais récemment l'attention y a été appelée de divers côtés et des travaux y ayant rapport ont été publiés non seulement en Angleterre, mais en Allemagne, en Danemark, en Italie, en Russie et en Hollande.

Chacun sait que la réfraction et la dispersion d'un corps sont des propriétés physiques définies, pouvant être exprimées en nombres, comme son poids spécifique ou son point d'ébullition. S'ils sont connus, ils fourniront par conséquent un double et précieux contrôle de la pureté d'un échantillon quelconque.

Mais comme les indices de réfraction varient avec la température et avec la pression, il est avantageux de diviser l'indice diminué de l'unité par la densité des corps. Ce rapport constitue sa *réfraction spécifique* $\frac{\mu - 1}{d}$, dont la valeur est pratiquement constante dans toutes les circonstances.

Je le détermine généralement pour la raie A du spectre solaire : les observateurs du continent ont, par contre, adopté pour la plupart la raie α du spectre de l'hydrogène. La différence est d'ordinaire insignifiante.

La différence entre les réfractions spécifiques pour les raies A et H, $\frac{\mu_H - \mu_A}{d}$, est ce qu'on appelle la *dispersion spécifique*. Celle-ci n'est pas aussi indépendante que la réfraction spécifique des variations de température.

Cette double constante peut servir souvent à identifier une substance. C'est ainsi que, dans un travail récent sur le bromure de benzyle, on

a obtenu un liquide ressemblant au toluène, dont on a trouvé que les propriétés optiques s'accordaient avec celles de cet hydrocarbure.

	Premier échantillon.	Deuxième échantillon.	Toluène pur.
	—	—	—
Réfraction spécifique. .	0,5618	0,5604	0,5617
Dispersion spécifique. .	0,0464	0,0474	0,0462

Le premier échantillon était évidemment du toluène pur ; le deuxième, préparé d'une manière différente, n'était évidemment pas aussi pur.

On trouve une autre application intéressante de ces propriétés dans l'analyse de mélanges liquides, tels que ceux des alcools méthylique et éthylique. C'est ce qui a été montré, il y a longtemps déjà, par M. Landolt, en ce qui concerne la réfraction ; mais, dans certains cas, la comparaison des dispersions donnera des résultats encore meilleurs.

Mais c'est en ce qui concerne les théories chimiques que les espérances que l'on peut concevoir sont pour le moment les plus encourageantes. Tous les résultats des travaux récents tendent à prouver que : 1° le pouvoir réfringent dépend de la composition atomique du corps ; 2° il est modifié en une certaine mesure par l'arrangement moléculaire.

Ceci se voit plus facilement en considérant l'équivalent de réfraction du corps, c'est-à-dire sa réfraction spécifique multipliée par son poids atomique $P\frac{\mu - 1}{d}$. La loi générale consiste en ce que l'équivalent de réfraction d'un corps est la somme des équivalents de réfraction de ses éléments. Cette loi est toujours vérifiée.

Prenons pour exemple l'alun d'ammoniaque :

$$\begin{aligned} (AzH^4)^2SO^4 &= \ \ 39.3 \\ Al^2(SO^4)^3 &= \ \ 70.5 \\ 24H^2O &= 142.2 \\ \hline & \ \ 252.0 \end{aligned}$$

M. Charles Soret a déterminé récemment l'indice de réfraction de plusieurs aluns cristallisés et, des nombres qu'il donne, on peut déduire pour l'équivalent de réfraction de l'alun d'ammoniaque 252.2.

Ou encore, pour prendre un sulfate double très différent :

$$\begin{aligned} MgSO^4 &= 24.2 \\ K^2SO^4 &= 32.4 \\ 6H^2O &= 35.5 \\ \hline & \ 92.1 \end{aligned}$$

'après les nombres publiés par MM. Topsoe et Christiansen, l'équiva nt de réfraction du sulfate double cristallisé de magnésium et de po ssium est 91.8.

n remarquera que la valeur correspondant à chaque molécule d'eau

de cristallisation dans ces sels est 5.92, la même que celle de l'eau pure solide, liquide ou gazeuse; mais si nous nous tournons vers un corps tel que le sucre, nous ne trouvons pas que chaque H^2O ait ce même équivalent de réfraction :

$C^{12}H^{22}O^{11}$ n'a pas un équivalent de réfraction $= 5.0 \times 12 + 5.92 \times 11 = 125.1$,
mais seulement $= 119.3$.

Le fait est que le sucre, bien qu'appelé parfois un hydrate de carbone, ne contient pas d'eau, mais, ainsi que le savent tous les chimistes, l'hydrogène et l'oxygène autrement arrangés.

L'oxygène, dans un pareil composé, a pour équivalent de réfraction 2.8 au lieu de 3.3, et le calcul théorique serait :

Carbone. . .	$5.0 \times 12 =$	60.0
Hydrogène .	$1.3 \times 22 =$	28.6
Oxygène . .	$2.8 \times 11 =$	30.8
		119.5

total presque identique à 119.3.

La valeur attribuée à l'équivalent de réfraction du carbone change de même quand le carbone est dans l'état qu'on a désigné par le nom de *double liaison*. Il monte alors à 6.1, ainsi que cela a été abondamment démontré par M. Brühl. Il résulte de là que l'équivalent de réfraction d'un composé organique jette de la lumière sur l'arrangement moléculaire de celui-ci et peut rendre des services dans le cas où les considérations chimiques sont en défaut.

C'est ainsi que si nous prenons les deux groupes isomériques d'huiles essentielles $C^{10}H^{16}$, celui des terpènes et celui des citrènes, les terpènes ont un équivalent de réfraction de 72.9 environ, les citrènes de 74.8 environ.

Un composé saturé de la formule $C^{10}H^{16}$, s'il pouvait exister, aurait un équivalent de réfraction $= 70.8$; mais si les terpènes avaient une paire d'atomes de carbone à doubles liaisons, l'équivalent théorique serait de 73.0, et si les citrènes en avaient deux paires, leur équivalent serait de 75.2.

Les équivalents de réfraction des éléments ont été presque tous plus ou moins exactement déterminés ; un plus grand nombre d'expériences, faites avec soin, sont encore nécessaires ; mais ce sont ces deuxièmes et troisièmes valeurs du carbone, de l'oxygène, de l'azote, du soufre, du phosphore, du fer, du chrome, du silicium, etc., qui offrent actuellement le champ d'expériences promettant les plus riches moissons.

M. le Professeur D. RAGONA

Directeur de l'Observatoire Royal de Modène.

SUR LE RÉGIME DES VENTS A ZOCCA (PROVINCE DE MODÈNE)

— *Séance du 13 août 1885* —

L'auteur a utilisé la position spéciale de Zocca, petite ville en montagne de la province de Modène (Italie), pour y fonder une station destinée aux observations anémométriques et anémoscopiques. Les appareils sont placés dans un lieu qui a presque la hauteur de 800 mètres sur le niveau de la mer, et dont l'horizon est libre de tous les côtés. Deux années d'observations ont été suffisantes, à cause des conditions favorables de la localité, à fournir de nouveaux et importants résultats sur le régime des vents.

Pour ce qui regarde la fréquence des vents, l'auteur a laissé de côté quatre des huit vents principaux qui n'ont pas soufflé à Zocca dans quelques mois des deux années (N.,S.,E.,O.), et il y a considéré seulement les autres quatre vents, qui jamais n'ont manqué dans les vingt-quatre mois d'observations.

En calculant les observations anémoscopiques, l'auteur a établi les formules générales qui expriment la marche annuelle de la fréquence de ces quatre vents, et a déterminé les dates, en jours de l'année commune, des maxima et des minima de leur fréquence. A l'aide d'une petite table, facile à construire, on peut retrouver, à un simple coup d'œil, les correspondances entre les dates civiles et celles en jours de l'année.

Le vent N.-E. a quatre phases annuelles de fréquence (deux max. et deux min.), tandis que le S.-O. en a six (trois max. et trois min.). Les phases de ces deux vents sont intimement liées aux époques des solstices et des équinoxes. Il ne faut pas oublier, pour ce qui regarde les coïncidences des dates déterminées par ces calculs, que des différences, en plus ou en moins, de peu de jours, sont, dans ce cas, négligeables, et cela non seulement à cause de la courte série des observations, mais encore par la considération que les différences doivent être rapportées à l'unité, qui est l'année. Par exemple, une différence qui s'élève même à 10 jours, n'est pas autre chose qu'une différence de 27 millièmes de l'unité. Le tableau suivant contient les dates des max. et min. de fréquence du N.-E.

et du S.-O., les dates intermédiaires pour le S.-O. et les moyennes correspondantes :

N.-E.	S.-O.		Moyenne.		Différence.
1er m. 5.44	1er m. 5.05		5.24		
		35.84			
	1er M. 66.63				
1er M. 95.12		95.24	95.18	79 Eq. print.	+ 16
	2e m. 123.85				
		151.54			
2e m. 168.88	2e M. 170.23		174.05	172 Solst. été.	+ 2
		211.01			
	3e m. 242.79				
2e M. 262.80		275.56	269.18	266 Eq. aut.	+ 3
	3e M. 308.34				
		339.19			
1er m. 370.44	1er m. 370.05		370.24	355 Solst. hiver.	+ 15

On voit que le 1er min. de fréquence du S.-O. coïncide avec le 1er min. de fréquence du N.-E., et que le 2e max. du S.-O. coïncide avec le 2e min. du N.-E. On trouve encore que le 1er max. et le 2e min. du S.-O. sont équidistants du 1er max. du N.-E., et que le 3e min. et le 3e max. du S.-O. sont équidistants du 2e max. du N.-E. L'avant-dernière colonne du tableau précédent contient les dates (en jours de l'année) des solstices et des équinoxes. La comparaison des chiffres nous permet d'établir, avec la plus grande évidence, une loi fondamentale et symétrique, c'est-à-dire que, à Zocca, le 1er min. et le 1er max. de fréquence du N.-E. sont postérieurs de 15 à 16 jours, respectivement, au solstice d'hiver et à l'équinoxe du printemps, tandis que le 2e min. et le 2e max. sont postérieurs de 2 à 3 jours, respectivement, au solstice d'été et à l'équinoxe d'automne.

Le tableau suivant est relatif à la fréquence du S.-E. et du N.-O. :

S.-E. A	N.-O. B	1/2 (A + B)		
1er m. 12.42	1er M. 6.51	9.46		9 temp. min.
			42.46	
1er M. 70.15	1er m. 80.79	75.47		
			109.23	110 temp. moy. print.
2e m. 137.50	2e M. 148.49	142.99		
			177.24	
2e M. 207.72	2e m. 215.26	211.49		212 temp. max.
			238.41	
3e m. 273.73	3e M. 256.96	265.34		
			289.34	287 temp. moy. aut.
3e M. 328.28	3e m. 298.41	313.34		
			343.90	
1er m. 377.42	1er M. 371.51	374.46		374 temp. min.

Les vents S.-E. et N.-O. ont chacun trois max. et trois min. annuels de fréquence ; les phases correspondent inversement, c'est-à-dire que les fréquences max. du S.-E. coïncident avec les fréquences min. du N.-O., et, au contraire. Les phases de fréquence de ces deux vents sont intimement liées aux quatre époques critiques thermiques annuelles, qui sont les dates des températures max. et min., et les deux dates, une de printemps et l'autre d'automne, dont la température est égale à la température moyenne annuelle. Le 1er min. du S.-E. (1er max. du N.-O.) coïncide avec la date de la température min. Le 2e max. du S.-E. (2e min. du N.-O.) coïncide avec la date de la température max. Le 1er max. et le 2e min. du S.-E., c'est-à-dire le 1er min. et le 2e max. du N.-O. sont équidistants de la date de la température moyenne du printemps. Le 3e min. et 3e max. du S.-E., c'est-à-dire le 3e max. et 3e min. du N.-O., sont équidistants de la date de la température moyenne de l'automne.

Tous ces résultats sont suffisamment importants, à cause des nouvelles relations fondamentales et symétriques qu'ils établissent.

La courbe annuelle de la vitesse du vent à Zocca (dont l'auteur présente un diagramme aux membres de la section de Météorologie), calculée sur les observations des deux années, est d'une très grande régularité. Elle manifeste trois max. et trois min. aux dates suivantes :

Fréquence S.-O.		Vitesse du vent		Différence
m.	5.05	M.	2.12	+ 2.93
M.	66.63	m	54.75	+ 11.88
m.	123.85	M.	123.48	+ 0.37
M.	179.23	m.	188.29	— 9.06
m.	242.79	M.	246.19	— 3.40
M.	308.34	M.	311.24	— 2.90
		Moyenne.....		— 0.03

On a écrit à côté les phases de fréquence du S.-O. pour mettre en évidence un fait singulier, c'est-à-dire qu'à Zocca les phases annuelles de la vitesse du vent correspondent inversement à celles de la fréquence du S. O. Les fréquences max. du S.-O. coïncident avec les min. de la vitesse du vent, et au contraire. Un autre résultat remarquable est celui que le phases de la vitesse du vent à Zocca sont postérieures de 35 jours,

en moyenne, aux phases correspondantes de la vitesse du vent à Modène, comme on le démontre par le petit tableau suivant :

VITESSE DU VENT			Différence
Zocca		Modène	
m.	55	19	36
M.	123	93	30
m.	188	161	27
M.	246	215	31
m.	311	[268	43
M.	367	322	45
		Moyenne.....	35.3

M. BOUVIER

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Président de la Commission Météorologique de Vaucluse.

OBSERVATOIRE DU MONT-VENTOUX. — TRAVAUX, INSTRUMENTS, PARATONNERRE

— *Séance du 18 août 1885* —

Dans ses communications aux congrès de Montpellier et de Rouen, mon collègue et ami, M. le docteur Pamard, a fait connaître les projets de l'observatoire du Mont-Ventoux et les efforts déployés par la Commission météorologique de Vaucluse pour en assurer l'exécution.

Les appels qu'il a alors adressés à l'Association française ont été entendus par elle et deux subventions successives, l'une de 2 000 francs, la seconde de 5 000 francs, sont venues puissamment en aide aux promoteurs de cette intéressante entreprise, à l'initiative desquels M. l'amiral Cloué a bien voulu récemment rendre hommage dans le rapport qu'il a présenté à la séance générale du Conseil du Bureau central météorologique.

Aujourd'hui leur but est bien près d'être atteint et c'est pour moi un

agréable devoir de reconnaissance, en remerciant l'Association française du concours généreux et de l'appui moral qu'elle nous a donnés, de la mettre au courant de nos travaux, de l'installation scientifique très complète, dont notre observatoire va être doté, et du système de paratonnerre, mûrement étudié, destiné, malgré les difficultés particulières inhérentes à la situation des lieux, à le pourvoir prochainement d'une protection efficace.

Situation des travaux. — Après la route d'accès, dont l'exécution a été poursuivie, sans mécomptes, dans les conditions de tracé, de déclivités et de dépenses, qui avaient été prévues, on s'est occupé, tout d'abord, de la construction de la plate-forme elliptique du sommet, appelée à recevoir les instruments d'observations, et de la préparation de l'emplacement de l'observatoire au midi de cette plate-forme. Ces travaux préliminaires ont été terminés en 1883, et, pendant la campagne de 1884, les ressources dont disposait la commission s'étant notablement accrues, elle a pu sérieusement entreprendre l'édification du bâtiment lui-même. Dans le cours de cette campagne, dont la durée à cette altitude a été nécessairement fort courte et ne s'est guère étendue que du milieu de juin au milieu d'octobre, l'activité déployée a été telle, que plus de la moitié occidentale du bâtiment, comprenant : trois pièces au rez-de-chaussée et trois pièces au premier étage, les citernes et la galerie de communication entre l'observatoire et la plate-forme du sommet, a pu être terminée et être mise en état de fonctionner avant l'hiver.

Au premier décembre 1884, c'est-à-dire au commencement de l'année météorologique, l'observateur choisi par la commission, M. Blanc, était installé à son poste et était pourvu d'une première série d'instruments destinée à lui permettre de commencer ses observations.

Quelque temps après, le 20 février 1885, il recevait la visite inattendue du savant directeur du Bureau central météorologique, M. Mascart, que j'étais heureux d'accompagner dans cette excursion, un peu audacieuse. Mais, *audaces fortuna juvat*, et partis de bon matin de Carpentras, après avoir fait une partie de l'ascension à dos de mulet, après un déjeuner des plus pittoresques et des plus agréables dans une bergerie, après une marche assez pénible de plus de deux heures sur une neige, épaisse quelquefois de plusieurs mètres, mais heureusement assez durcie par le gel pour pouvoir nous porter, nous arrivions, à cinq heures du soir, accompagnés de deux fidèles auxiliaires, MM. Vinet, agent-voyer, et Provane, chef cantonnier, à l'observatoire, où nous trouvions un abri et un gîte vivement désirés. Nous pouvions alors constater avec satisfaction, par notre exemple même, que cet observatoire est accessible en toute saison, et il nous était donné de faire une autre constatation encore plus importante par la visite de la plate-forme du sommet : tandis qu'en effet, une neige épaisse

recouvrait tous les flancs de la montagne, cette plate-forme, constamment balayée par le vent, en était absolument dépourvue et nos prévisions, sur la possibilité d'y faire les observations, en tout temps, se trouvaient ainsi pleinement confirmées.

L'établissement de la plate-forme, la préparation de l'assiette de l'observatoire et la construction partielle du bâtiment avaient exigé une dépense de 60 000 francs, qui absorbait, à peu près, toutes nos ressources. Nous nous sommes donc vivement préoccupés d'en recueillir de nouvelles, afin de pouvoir continuer l'œuvre commencée. Les avantages que présente, pour la sériciculture de la région, la construction d'une salle d'hivernage pour les graines de vers à soie, comprise dans notre projet, nous a valu de la part de M. le ministre de l'agriculture une subvention de 10 000 francs, qui, jointe à un reliquat en caisse de 5 000 francs, nous a permis de reprendre nos travaux dès le printemps. Ils sont actuellement en pleine activité et, avant l'hiver, le bâtiment tout entier sera couvert ; il ne restera plus ensuite, pour la campagne prochaine, qu'à achever les travaux d'intérieur, que l'insuffisance de nos ressources nous interdit d'entreprendre cette année.

Dans tous les cas, nous sommes maintenant assurés que la somme de 100 000 francs, prévue, dès l'origine, comme représentant le total des dépenses à faire pour l'observatoire, ne sera pas sensiblement dépassée et il nous est permis d'espérer que les 25 000 francs qui nous manquent encore, ne nous feront pas défaut.

Installation scientifique. — Dès que l'observatoire, bien qu'inachevé, a été en mesure de fonctionner, la commission a cherché à lui faire rendre des services et à le pourvoir d'une installation scientifique aussi complète que possible.

M. le directeur du Bureau central a bien voulu lui accorder un baromètre Fortin, un thermomètre enregistreur de Richard, un pluviomètre décuplateur, un hygromètre de Saussure et divers thermomètres ; elle a obtenu de la générosité de M. le ministre des travaux publics : un anémométrographe du système Hervé-Mangon, modifié d'après les conseils du docteur Fines et construit par Démichel et par Bréguet, un baromètre enregistreur de Redier, un pluviomètre quintupleur à grandes dimensions et un pluviographe ; elle s'est directement procuré les autres instruments qui lui ont paru nécessaires.

Avant d'installer ces nouveaux appareils, il convenait d'en compléter ou d'en modifier les dispositions de manière à les approprier à l'altitude du lieu, à la violence du mistral et à la fréquence de la neige. Ce travail, confié à des ouvriers d'Avignon très habiles, MM. Biret, Berlioz et Regnier, se fait, en ce moment, sous la surveillance de M. Olagnier, architecte départemental très expérimenté, dont j'avais été heureux déjà d'utiliser le

concours éclairé et dévoué, lorsqu'il s'était agi d'arrêter les projets définitifs de notre construction.

Il était essentiel aussi d'expérimenter tous les instruments à l'avance, de s'assurer que leur fonctionnement régulier ne donnera lieu à aucune difficulté, d'arrêter enfin un programme bien défini des observations à faire. Dans ce but, les appareils ont été provisoirement installés à l'Ecole normale d'Avignon et M. Giraud, directeur de cette école et secrétaire de notre commission, s'est chargé de cette tâche, dont il s'est acquitté avec un zèle et une habileté dignes d'éloges.

Bientôt, lorsque les agencements du paratonnerre seront également préparés, tous ces appareils pourront donc être transportés à l'observatoire et installés dans leur position définitive.

Au centre de l'ellipse supérieure sera placé l'anémomètre, monté sur un support métallique et armé de contreforts de scellement. Un petit caniveau souterrain recevra dans l'étendue de la plate-forme la gaine de plomb renfermant les six fils de transmission ; celle-ci pénétrera dans la galerie de communication et de là dans le couloir d'isolement pour gagner, après un parcours d'une cinquantaine de mètres, la pièce ouest du premier étage, choisie pour bureau provisoire ; les fils viendront alors s'y raccorder avec les boutons de l'enregistreur placé dans ce bureau.

Sur le pourtour de l'ellipse, en le suivant de gauche à droite, les deux appareils extrêmes étant placés en face des portes de sortie ouest et est de la galerie de communication, on trouvera successivement :

1° Un abri, système Montsouris, fortement charpenté en bois et en fer, de manière à résister à la violence des plus grands ouragans, et armé de solides contreforts en fer : il contiendra :

Un thermomètre à maxima de Walferdin ; — un thermomètre à minima de Rutherford ; — un thermomètre enregistreur de Richard ; — un évaporomètre Piche ; — un psychromètre d'August ; — le papier ozonométrique.

2° Un actinomètre à thermomètres conjugués, à boules noire et blanche, de Salleron, fixés à de fortes tiges en fer.

3° Un cadre en fer portant les thermomètres à maxima et à minima et l'évaporomètre, destinés aux observations en plein air.

4° Un pluviomètre décuplateur, enfermé dans une double caisse, la première en tôle et la seconde en bois de chêne, avec vide entre les deux pour recevoir une matière isolante, et muni à sa base d'un fourneau à pétrole ou à alcool, susceptible, au moyen d'ouvertures pratiquées en bas et en haut de la double caisse, d'entretenir constamment autour de l'instrument un courant d'air chaud suffisant pour fondre la neige au fur et à mesure de sa chute et pour empêcher la congélation de l'eau.

5° Un pluviomètre quintupleur organisé comme le précédent et solidement scellé comme lui au moyen d'armatures en fer.

6° Une girouette, d'une extrême sensibilité, pourvue d'un cercle d'orientation et fixée sur trois pieds de scellement en fer.

7° Un pluviomètre de l'Association scientifique, scellé de la même manière.

Indépendamment de ces appareils, échelonnés sur la plate-forme du sommet, le bureau contiendra :

L'anémométrographe; — le baromètre enregistreur; — le baromètre Fortin; — un baromètre anéroïde grand module, donné par M. Tarry; — enfin, le pluviographe, dont l'entonnoir, placé sur le faîte du bâtiment, débouchera dans un tuyau de grès, chauffé par un courant d'air chaud pour assurer la fonte de la neige, et d'où partira le petit tuyau conducteur de la pluie ou de la neige fondue.

J'ajouterai que grâce au bienveillant concours de M. le ministre des postes et des télégraphes et aux sacrifices consentis par la commune de Bédoin, le bureau de l'observatoire a été classé comme bureau télégraphique de l'État et qu'il fonctionne, à ce titre, depuis le 25 juillet; je dirai aussi que son fil de terre a été muni d'un Rhé-électromètre Melsens, qui permet de juger, à de grandes distances, de la charge électrique des nuages.

On voit par là que l'observatoire du Mont-Ventoux va être doté d'une installation des plus complètes; aussitôt qu'il en sera ainsi, les observations seront organisées avec tous les détails qu'elles comportent, et des feuilles mensuelles, spécialement préparées à cet effet, en recevront toutes les indications; de plus, une dépêche quotidienne, contenant le résumé des principaux phénomènes observés, sera transmise à Avignon et au Bureau central.

Paratonnerre. — L'importance de l'observatoire, la multiplicité des armatures métalliques de ses divers appareils et les difficultés résultant de l'extrême perméabilité du sol néocomien qui constitue la masse du Ventoux, y rendent l'établissement d'un bon système de paratonnerre, à la fois, très nécessaire et très complexe. Au Congrès de Montpellier, M. Pamard a déjà fait connaître que, dès les premiers jours, notre commission s'en est préoccupée et que, d'après les conseils de M. Mascart, elle a eu la pensée de recourir au système à pointes et à conducteurs multiples, connu sous le nom de système Melsens.

Diverses chutes de foudre survenues depuis, l'une sur l'ancienne chapelle au moment où plusieurs ouvriers y étaient couchés, une autre sur la terrasse placée devant le bâtiment et où le fluide affectant la forme globulaire a éclaté avec fracas, une troisième sur la galerie de communication dont le sommet a été labouré sur plusieurs mètres, enfin une dernière sur le télégraphe dont le fil de terre, placé dans les écoulements des citernes, a écoulé la plus grande partie du fluide en faisant subir une forte commotion à quatre manœuvres occupés à prendre de l'eau, ont démontré toute l'importance de cette question et toute l'urgence de sa solution, importance et urgence que l'installation des appareils métalliques de la plate-forme va accroître dans une large mesure.

Mais la nature fissurée de la roche néocomienne, à peine recouverte de quelques débris de pierres mélangées à un peu de terre, rend cette solution particulièrement difficile, à cause de la sécheresse du sol qu'elle

détermine et de la situation peu favorable qu'elle offre pour les raccordements. En réalité, on ne dispose guère, comme terre constamment humide, que de la pierraille dans laquelle s'écoule la source de Font-Fiole, située sur le versant nord, à 800 mètres de distance et à 120 mètres en contre-bas du sommet, source dont le débit est souvent très faible et paraît descendre à moins d'un litre par minute ; un autre terrain semblable a été créé, près de l'observatoire, par les écoulements des citernes et de la cuisine. Ces deux terrains, relativement favorables, ont été utilisés pour les lignes de terre du télégraphe et ils devront l'être pour les raccordements du paratonnerre. Mais il est à craindre qu'ils ne soient insuffisants et il sera utile d'en créer d'autres ; on se propose de le faire en creusant des puits dans le rocher, les remplissant de terre et y dirigeant les écoulements superficiels voisins.

Obligée de résoudre ce problème délicat et coûteux, notre commission a eu l'heureuse fortune de recevoir d'un anonyme généreux, qui a pensé que sa solution offrait un grand intérêt scientifique, une somme de 2 500 francs, qu'il a exprimé le désir de voir spécialement employée à la construction d'un paratonnerre aussi parfait que possible. En même temps et parce que, sans doute, il en est du bonheur comme du malheur, c'est-à-dire qu'ils n'arrivent jamais seuls, M. Melsens a bien voulu consentir à étudier lui-même cette solution et à en déterminer toutes les dispositions, sous la réserve de les soumettre au contrôle de M. Mascart. A la suite d'une étude des plus approfondies et sur le vu des données que je lui ai fournies, il a arrêté tous les éléments du projet, dont l'exécution vient d'être confiée à un constructeur expérimenté, M. Emile Closset, de Bruxelles.

La description détaillée en sera donnée plus tard, lorsque l'exécution en sera complète, mais, en attendant, je crois intéressant d'en faire connaître sommairement les lignes générales, concertées entre M. Melsens et M. Mascart, et approuvées par la Commission de Vaucluse.

Le principe fondamental du système adopté consiste dans l'établissement de pointes nombreuses et de conducteurs multiples constituant, entre ces pointes, ces conducteurs et les prises de terre du paratonnerre de la plate-forme et du bâtiment, un tout absolument solidaire, prêt à recevoir de tous côtés l'étincelle ou la nappe foudroyantes et à les diriger vers des raccordements à la terre nombreux, aussi bien choisis et aussi bien disposés que possible, et munis de larges surfaces de contact ; il consiste, en un mot, à réaliser l'adage de l'auteur de ce système : *Divide et imperes.*

Dans ces conditions, le paratonnerre sera à la fois préservatif et préventif, et il satisfera au vœu de la commission internationale sur les coups de foudre, et par la forme donnée aux pointes, et par l'introduction d'ap-

pareils destinés à l'étude de l'électricité atmosphérique, ou même de certains courants terrestres.

Les pointes seront, les unes en fer galvanisé, d'autres en fer galvanisé avec pointes de cuivre, le plus grand nombre en cuivre rouge ou en bronze phosphoré. La totalité, y compris celles qui seront placées sur le conducteur de Font-Fiole, s'en élèvera à près de 200.

Les raccordements à la terre seront effectués, pour la plupart, sinon pour tous, au moyen de tuyaux de fonte à grands diamètres, perforés ou fendus de manière à établir des contacts sur les deux faces.

Les conducteurs seront disposés de telle sorte que la vérification en soit toujours facile. Ils seront formés de fils de fer galvanisés de 6 ou 8 millimètres de diamètre, et on y ménagera, sur les points utiles, des boîtes de vérification par le courant de la pile.

Chaque appareil de la plate-forme aura sa protection spéciale, et l'anémomètre, qui présente le plus de danger à cause de sa communication avec l'enregistreur placé dans le bureau, sera enfermé dans une véritable cage Faraday, disposée de manière à ne pas en altérer les indications, tout en lui assurant une protection absolument efficace.

Ces courtes explications suffisent à faire connaître dans quelles conditions particulièrement difficiles et compliquées le système de notre paratonnerre va être exécuté ; la compétence des hommes éminents qui ont bien voulu l'étudier avec nous est la garantie de son succès.

En résumé, il ressort de cet exposé que l'observatoire du Mont-Ventoux est définitivement créé et à la veille de fonctionner dans les conditions les plus satisfaisantes. C'est un honneur pour une humble commission départementale d'avoir mené à bien une œuvre aussi intéressante ; mais l'Association française a le droit d'en prendre sa part ; elle a lieu de se féliciter de voir que ses encouragements et ses sacrifices n'ont pas été stériles et que dans cette circonstance, comme dans tant d'autres, son action bienfaisante s'est exercée au profit de la science.

Cependant l'œuvre n'est pas absolument complète ; quelques travaux, dont la dépense est évaluée à 25 000 francs, restent à faire à l'intérieur du bâtiment, et il est non moins nécessaire d'assurer à cet important établissement les moyens de fonctionner d'une manière régulière et normale.

Pour atteindre ce double et utile résultat, il semble aujourd'hui nécessaire que l'observatoire du Ventoux, comme celui du Puy-de-Dôme et comme celui du Pic-du-Midi, soit, à son tour, classé parmi les observatoires de l'État. Je crois donc devoir, en terminant, déposer un vœu à ce sujet, et j'espère que la 7e section voudra bien s'y associer.

M. le Professeur D. RAGONA

Directeur de l'Observatoire Royal de Modène.

DE LA TEMPÉRATURE MINIMA DANS LA COUCHE SUPERFICIELLE DU SOL

— *Séance du 14 août 1885* —

L'auteur a étudié la distribution des températures minima dans la période annuelle, non seulement à différentes hauteurs, mais encore dans la couche superficielle du sol. Pour ce dernier objet, il a placé, dans le Jardin botanique de Modène, un thermomètre à minima horizontal, à la profondeur de 12 centimètres. Le thermomètre est recouvert de terre jusqu'au niveau du sol, qui est tout à l'entour recouvert d'une riche végétation. Un petit toit en bois, planté à une hauteur suffisante, empêche que la pluie ou la neige puissent mouiller la petite portion du sol au-dessous de laquelle se trouve enterré le thermomètre. Une fois par jour, à neuf heures du matin, on ôte la terre qui recouvre le thermomètre et on la remet en place après la lecture ; la terre est la même que celle de tout le jardin. Nous appellerons, d'une manière conventionnelle, *sol* le thermomètre à minima enterré à la profondeur de 12 centimètres. A peu près dans la même verticale sont placés, à l'air libre, un second thermomètre à minima, à la hauteur de $2^m,30$ sur le terrain du jardin (thermomètre que nous appellerons *jardin*), et un troisième thermomètre à minima à une plus grande hauteur, et précisément à $31^m,50$ (thermomètre que nous appellerons *observatoire*).

En calculant les observations diurnes des trois thermomètres, l'auteur a déterminé les formules périodiques correspondantes. Il avait démontré, en 1876, que les formules fondées sur les indications des thermomètres à minima fournissent, pour ce qui regarde les dates des maxima et minima annuels, les mêmes chiffres qu'on obtient par les formules calculées sur les températures moyennes. Les trois formules ont donné les valeurs suivantes pour les époques des températures maxima et minima, c'est-à-dire pour les dates de la plus grande et de la plus petite chaleur annuelles.

	Date de la température minima		Date de la température maxima	
Jardin........	8.00		197.17	
		+ 4.00		+ 11.66
Observatoire..	12,00		208.83	
		+ 6.28		+ 4.17
Sol...........	18.28		213.00	
		+10,28		+15.83

On voit que la température minima ainsi que la température maxima se manifestent, avant que dans les deux autres localités, dans le jardin, où l'air est humide à cause de la riche végétation environnante. La température minima annuelle se produit après 4 jours, dans la couche d'air, 29 mètres plus haut, et après 10 jours, dans la couche de terre, $2^m,62$ plus bas. La température maxima annuelle se produit après 12 jours à l'observatoire, et après 16 jours dans le sol.

Voici un autre fait singulier qui résulte des observations de l'auteur. Si l'on considère comme argument la fonction *sol-jardin*, on trouve que cette différence a, dans le courant de l'année, trois maxima et trois minima, c'est-à-dire qu'il existe trois époques dans lesquelles les indications des deux thermomètres manifestent la plus petite discordance, et trois époques dans lesquelles elles manifestent la plus grande discordance. Les dates des maxima et des minima de la différence *sol-jardin* sont contenues dans le tableau suivant, colonne A.

Sol-Jardin A		Observatoire-Jardin B		Baromètre C		A — B	B — C
m.	32.83	m.	21.54	M.	22.09	+ 11.29	— 0,55
M.	94.65	M.	81.37	m.	90.37	+ 13.28	— 9.00
m.	157.27	m.	145.15	M.	152.55	+ 12.12	— 7.40
M.	220.28	M.	212.24	m.	208.87	+ 8.04	+ 3.37
m.	277.30	m.	274.12	M.	265.08	+ 3.24	+ 9.04
M.	335.03	M.	329.71	m.	322.98	+ 5.32	+ 6.73
				Moyenne...		+ 8.88	+ 0.36

En exécutant les mêmes calculs sur la différence *observatoire-jardin*, on trouve qu'elle a aussi, dans la période annuelle, trois maxima et trois minima, dont les dates sont écrites dans la colonne B du tableau précédent. Les dates A et B sont très proches et, en effet, la différence moyenne A — B est seulement de 8 jours 88, qui correspond à 24 millièmes de l'unité. Cependant, la constance de signe des différences A — B nous fait connaître que les dates des maxima et des minima de la fonction *sol-jardin* sont en réalité un peu postérieures à celles de la fonction *observatoire-jardin*. Une coïncidence vraiment remarquable est celle de ces dates avec les époques des maxima et des minima de la pression atmosphérique (colonne C). La coïncidence est inverse, c'est-à-dire les maxima correspondent aux minima ; et, au contraire, on obtient de cette manière la confirmation d'un principe que l'auteur avait auparavant établi par un

autre procédé, c'est-à-dire que les maxima barométriques, qui correspondent à l'air sec, calme et pesant, ont le pouvoir de rapprocher les indications des thermomètres à minima placés à différentes hauteurs, tandis que les minima barométriques, qui correspondent à l'air humide, agité et léger, ont le pouvoir de rendre plus difformes les indications de ces thermomètres. L'auteur a retrouvé que les époques critiques barométriques, exposées dans la colonne C du tableau précédent, sont en relation intime avec plusieurs phénomènes de météorologie et de magnétisme terrestre.

M. le Docteur G. VIBERT

Chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu, au Puy.

APPAREIL DESTINÉ A DÉMONTRER LA COEXISTENCE D'UN MOUVEMENT DESCENDANT ORIGINEL ET D'UN MOUVEMENT DESCENDANT CONSÉCUTIF DANS CERTAINES TROMBES DE POUSSIÈRE

— Séance du 14 août 1885 —

Il n'est aucun de vous, Messieurs, qui n'ait eu l'occasion de voir, sur un boulevard, sur une route, ces trombes de poussière que le vent y produit et qui se présentent à nous sous un aspect qui varie très peu de l'une à l'autre.

A côté des nuages informes de poussière que le vent soulève et balaye dans la direction où il souffle, on voit parfois cette même poussière s'accumuler, se concentrer sur un point et former une couronne grossièrement aplatie qui tournoie rapidement sur elle-même et conserve sa forme et son mouvement de rotation, tout en se déplaçant. Au bout de quelques instants, on voit surgir, de son centre, une colonne de poussière, qui s'élève parfois assez haut; elle est quelquefois cylindrique dans toute sa hauteur; d'autres fois elle s'évase légèrement à mesure qu'elle s'élève. Dans tous les cas, sa densité va toujours en diminuant de bas en haut. Elle tourne dans le même sens que la couronne de poussière du centre de laquelle elle a surgi.

Ce phénomène ne dure, en général, que quelques instants et, quand il cesse, la poussière ainsi soulevée s'en va retomber au gré du vent, plus ou moins loin, suivant la hauteur à laquelle elle a été enlevée.

La première fois que je cherchai à me rendre compte de ce phénomène,

il ne me vint pas à l'idée d'y voir autre chose qu'un mouvement ascendant. J'avoue que je n'en découvris aucune explication satisfaisante, soit dans celles qui se présentèrent à mon esprit, soit dans celles que je trouvai formulées par ceux, très nombreux encore, qui soutiennent que, dans les trombes, il n'existe qu'un mouvement *ascendant*.

C'est dans cet état d'esprit que j'eus l'occasion de lire le remarquable travail publié par M. Faye, sur les trombes, dans l'Annuaire du bureau des longitudes (année 1875). Ma première impression, en lisant, dans ce Mémoire, que les trombes étaient constituées par un mouvement descendant, fut un mouvement de stupéfaction et même d'incrédulité.

Mais la lecture de ce Mémoire m'eut bientôt rallié aux idées qu'il défendait, sans me satisfaire toutefois sur la question d'un mouvement *ascendant* que j'avais toujours vu si manifeste dans les trombes de poussière, et dont je retrouvais la présence signalée dans la description des trombes marines.

C'est dans cet état de perplexité que se présentèrent, à mon esprit, tout à la fois le souvenir des entonnoirs allongés ou tourbillons à *axe creux* qui se forment en aval des piles de pont, et la possibilité de les considérer, ainsi que leurs analogues de l'atmosphère, comme de véritables *trépans*, c'est-à-dire des cylindres creux tournant rapidement sur eux-mêmes.

Avec cette donnée, il me sembla qu'il devenait facile d'expliquer la production d'un mouvement ascendant, tout en conservant l'hypothèse si vraisemblable d'un mouvement *originel descendant*, tel que l'a soutenu M. Faye dans son explication des trombes.

Admettons, avec cet auteur, la production d'un mouvement tourbillonnaire dans l'atmosphère, à l'occasion d'un obstacle, comme on le voit dans les rivières rapides : il se formera ici, comme dans l'eau, un entonnoir creux, effilé par en bas et constitué par de l'air animé d'un mouvement rapide de giration *descendante*.

Le premier résultat de sa rencontre avec le sol sera la désagrégation de sa pointe et la formation d'un globe de poussière, ce qui a lieu en effet.

Mais, lorsque cette pointe sera détruite, l'entonnoir, qui s'allonge toujours, rencontrera le sol par la *portion tubulaire*, et, à partir de ce moment, il se comportera comme un trépan, mais un trépan qui s'usera et se désagrégera complètement à son point de rencontre avec le sol liquide ou solide qui lui barrera le passage.

C'est précisément dans l'analyse du mode de destruction de cette extrémité inférieure que nous pourrons trouver l'origine d'une colonne ascendante.

Il suffira, pour cela, de séparer, par la pensée, les deux parois de l'entonnoir qui forme la trombe et de voir ce qu'il advient de chacune d'elles après qu'elles ont rencontré le sol.

1° La paroi *extérieure*, qui se désagrégera à l'air libre, formera la couronne de poussière ou embrun, qu'on observe au pied de toutes les trombes;

2° La paroi *intérieure* se désagrégera aussi de son côté; mais les produits de cette désagrégation se trouveront emprisonnés dans la gaine, où ils afflueront tant que durera le phénomène; et, par le fait même de cette accumulation continue, ils seront obligés de remonter dans sa cavité intérieure, leur seule issue, sous la forme d'une colonne *réellement ascendante*. Celle-ci sera rendue visible, au même titre que l'embrun, par la poussière liquide ou solide qu'elle entraînera.

Ainsi, dans une trombe de poussière, on ne peut voir que la seconde moitié du phénomène; la première partie, la portion descendante, n'étant constituée que par de l'air, qui est transparent, échappe complètement à nos sens. La seconde n'est rendue visible que par la poussière qu'elle entraîne, c'est-à-dire que, si une trombe agissait sur une surface solide, et sans poussière, le phénomène tout entier échapperait à notre vue.

L'existence de la première partie d'une trombe, telle que nous la comprenons avec M. Faye, ne peut être démontrée que par le raisonnement et l'analogie avec ce qui se passe dans les cours d'eau.

Quant à la seconde partie, elle nous paraît bien se rapporter à l'interprétation que nous essayons d'en donner.

En effet, la gaine d'une trombe se terminant en pointe à sa partie inférieure, le premier résultat de sa rencontre avec le sol doit être la désagrégation de cette pointe et la formation d'un globe aplati de poussière, ce qui a lieu, en effet. Ce n'est qu'un moment après, lorsque sa pointe est détruite, que la trombe peut agir à la façon d'un tube et que peut se produire la colonne ascendante. C'est bien encore ce qui a lieu; car la colonne n'apparaît qu'un moment après la formation de la couronne.

La colonne ascendante est donc, avec l'embrun, la phase finale du météore; et ce qui le prouve bien, c'est que sa vitesse d'ascension et de rotation a son maximum près du sol; à mesure qu'elle s'élève, elle diminue de vitesse et de densité; en un mot, elle va *s'éteignant de bas en haut*. Son extrémité supérieure est la fin du phénomène.

Origine de ces trombes. — L'origine des trombes de poussière qu'on observe sur les boulevards, les routes, ne doit pas être très élevée; on peut, selon toute probabilité, les attribuer aux modifications apportées à la vitesse du vent par les maisons qui bordent les carrefours, où on les observe le plus souvent. Si elles ont lieu en rase campagne, elles sont produites par un accident du sol, dont la hauteur peut, on le conçoit, être très variable.

Ce qu'il y a de certain, c'est que, dans ces petits météores, il n'y a aucun élément électrique ou hygrométrique, ils sont constitués par un effet purement mécanique.

Envisagés sous cet aspect, il me semble qu'ils se comportent comme les grandes trombes, et que le mécanisme fondamental est le même pour les unes et pour les autres.

Le petit appareil que j'ai l'honneur de vous présenter est un schéma métallique d'une trombe de poussière réduite à sa plus simple expression.

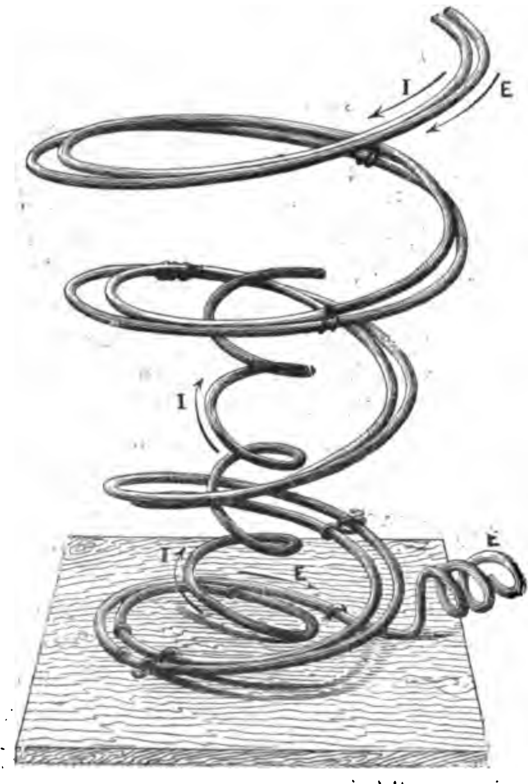


Fig. 64.

Il se compose de deux fils de fer enroulés parallèlement dans une direction en spirale et descendante :

1° Le fil *extérieur* E représente la paroi *externe* de la gaine formée par la trombe; arrivé au contact du sol, il s'échappe en dehors, à l'air libre, et se déroule en volute;

2° Le fil *intérieur* I représente la paroi *interne* de cette même gaine; arrivé au contact du sol, il s'infléchit et se relève; mais, comme il se trouve emprisonné dans cette gaine, il est forcé de remonter dans sa cavité; il représente la colonne ascendante.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Mai 17 à	10 h.	15 m.	État très inactinique, les images du soleil sont rouges au lieu d'être noires.
» 18	9	30	Zones très blanches, nettes et circulaires, de 2 diam. ⊙, les images du disque sont rouges, halo noir; ciel sans nuages.
» »	10	»	
» 19	8	30	Zones languiformes très blanches, de 9 diam. ⊙, halo très noir, orages dévastateurs de grêle aux montagnes de la Bohême. Le temps change rapidement, devient nuageux, et après la chaleur extraordinaire de 26°,5 des 18 et 19 mai, s'abaisse à 13,6 le 20 et 7,9 les 22 et 23.
» 20	8	10	Zones languiformes de 6 diam. ⊙.
» 22	10	10	Zones oblongues, parsemées de spires près du disque de 4 diam. ⊙, halo.
» »	10	48	
» 24	7	30	Zones elliptiques et circulaires, parsemées de spires de 2 à 3 diam. ⊙.
» 25	8	30	Zones elliptiques très nettes de 5 diam. ⊙.
» »	10	48	Zones blanches, spires circulaires, de 4 diam. ⊙.
» 26	8	30	Zones étroites circulaires.

XIII. — *Période du 31 Mai 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Mai 24 743.09 » 25 41.93 » 26 48.14 » 27 47.43 » 28 44.23 » 29 44.53 » 30 44.39 Pér. ⊙ 31 40.32 Juin 1 37,96 » 2 37.90 » 3 30.40 » 4 (*) 29.15 » 5 36.15 Ess. p. 6 40.48 » 7 39.50 » 8 36.31 » 9 37.88 » 10 740.06	Mai 26 au 28. Orages nombreux aux Alpes autrichiennes, averses et bora furieux à l'Adriatique. Juin 3 et 4. Orages violents et beaucoup d'incendies et de dommages par les ondées les accompagnant, au nord de la Bohême. Le même jour, aux montagnes occidentales de la Bohême, grêle, beaucoup d'incendies et grand nombre de personnes tuées par la foudre. Plusieurs tiges de paratonnerres fondues et détruites par la foudre. Juin 3. A Eger et aux environs orage violent, beaucoup de gens tués, plusieurs incendies ; un seul coup de foudre a détruit un groupe de trois grands arbres.	Mai 28. Averses énormes en Russie et aux bords du canal de la Manche. Le même jour, en Algérie, à Constantinople, orage, trombe dévastant les campagnes, grêlons énormes. Juin 3. En Bohême du Nord, inondations par les ondées; en Vorarlberg, par les eaux des montagnes et le lac de Constance. 2. Trombe au Colorado, des personnes perdent la vie. 6. Secousses violentes à Aleppo.	Mai 31. Grand désastre au golfe de Perse. Les secousses effroyables survenues dans la nuit du 31/5 au 1/6 1884, ont détruit l'île de Kishem, à l'entrée du golfe; 12 villages disparurent et plus de 200 personnes périrent.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Mai 27 à	8 h.	5 m.	Zones assez blanches, spirales, circulaires et elliptiques, halo.
» »	8	30	
» 28	8	25	Zones languiformes de 3 à 6 diam. ⊙, temps très froid.
» 29	8	15	Zones blanches languiformes de 5 diam. ⊙, temps très froid.
» 30	8	15	Zones énormes ovales de 8 diam. ⊙.
»	9	»	Zones oblongues, de 4 diam. ⊙, spirales elliptiques.
» 31	8	20	Zones blanchâtres, irrégulièrement oblongues, de 3 à 4 diam. ⊙.
Juin 2	10	12	Zones irrégulières, blanchâtres, déchirées, halo noir.
3	8	10	Zones blanches, spirales circulaires et elliptiques, de 2 à 3 diam. ⊙ ; à 8 heures du soir, orage de grêle.
»	8	25	
6	7	30	Ni zones d'absorption, ni halo ; ciel serein, sans nuage.
10	8	5	Zones blanches, elliptiques, de 4 diam. ⊙, halo noir.
»	8	25	

(*) Second minimum minimorum de l'année.

XIV. — *Période du 13 Juin 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Juin 11 745.20 » 12 48.50 Pér. ⊙ 13 48.13 » 14 42.95 » 15 41.99 » 16 39.77 » 17 40.01 » 18 41.97 » 19 43.37 » 20 741.07	Juin 8. Orage effroyable en Angleterre, beaucoup d'hommes tués et beaucoup de maisons brûlées par la foudre. 11. Orages violents à Trieste et à Constantinople. 13. Coup de foudre remarquable à Uffle, en Westphalie: entre quatre arbres, un trou de 1m,5, était fait dans le sol; la foudre, de là, se ramifiait en cinq directions et sillonnait le sol, faisant des rigoles profondes de 1 mètre, longues de 20 à 25 pas. La surface atteinte avait le diamètre énorme de 40 à 50 pas. Des mottes de gazon de 7,5 kilogrammes et des rameaux de 6 centimètres d'épaisseur étaient projetés sur le haut des arbres voisins, à 25 pas du trou central. On voit que la foudre partait du sol vers les nuages. 14. Orage effroyable à Baden-Baden, plusieurs hommes blessés et tués, le même jour, à Vorarlberg. En Bohême, à Prague, rempart de 6 mètres de longueur ruiné par la foudre; en Bosnie, à Sarajevo, en Croatie, au Tyrol; à Munich, un seul coup de foudre tuait 25 têtes de bétail dans un champ.	Juin 14-17. Des masses de neige énormes tombent sans cesse; la ligne de neige descend jusqu'à 700 millimètres. Inondations en Carinthie et en Galicie, causant de grands dommages et emportant les ponts du chemin de fer, ruinant les villages et les chaussées par la crue du Dniester, du San, de l'Oder; et en Moravie et Silésie, crue de l'Ostravica.	Juin 9. Écroulement du tunnel, 300 mètres de longueur, en Asturie (Espagne), 12 ouvriers succombent.

XV. — *Période du 25 Juin 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Juin 19 743.37 Ess. p. 20 41.07 » 21 37.74 » 22 39.19 » 23 40.52 » 24 42.48 Pér. ⊙ 25 41.74 » 26 40.00 » 27 41.50 » 28 45.96 » 29 42.48 » 30 747.45	Juin 20. Orages violents dans toute la Bohême et ondées torrentielles.	Juin 21. Pluie battante à Prague, de 19mm,05; crue de la Moldau, de 0m,9; de l'Elbe, de 2m,1; de la Weichsel, en Galicie, de 6m,4; dommages énormes: chemins de fer, ponts, chaussées et villages, inondés et détruits. Jusqu'au 25, tous les fleuves de la Bohême et de la Moravie en crue.	Juin 24. Secousses très fortes à Göttingen et Endingen (Bade), à 7 h. 15 m.; durée, plusieurs secondes.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Juin 11 à 8 h. 5 m. » » 8 25	Zones blanches, nettes, elliptiques, de 4 diam. ⊙, halo noir.
» 12 8 5	Zones blanches, circulaires, de 1,5 diam. ⊙.

Juin 13	8	15	Zones énormes languiformes ; près du disque, spirales très blanches et très nettes, ayant une étendue extraordinaire de 7 diam. ⊙. Formation de cirrhus remarquables sur un ciel tout à fait serein.
» 14	7	45	Zones encore plus étendues, de 8 à 10 diam. ⊙, blanc de neige, près du disque ⊙ double, languiformes. État du ciel serein, un peu de brume à l'horizon.
» 15	3	30	Par une éclaircie, zones de 1,5 diam. ⊙ ; du 14 au 15, à Prague, plusieurs orages ; la foudre tombe sans cesse et est remarquable par sa couleur rouge très distincte ; averses.
» 16	4	»	Zones de 2 diam. ⊙, halo.
» 17	2	45	Zones nettes, circulaires, de 2 diam. ⊙ ; matin, averses ; soir, grêle.
» 20	8	10	Zones très blanches, de 6 diam. ⊙, languiformes, bourrasques violentes à Prague, sur un ciel clair, pluie continuelle du 21 au 23.
» »	8	20	
» 24	8	15	Zones très blanches, de 2 diam. ⊙.
» 25	8	25	Zones énormes, languiformes, de 6 diam. ⊙, spirales elliptiques très nettes.
» 26	3	25	Zones grisâtres, de 4 diam. ⊙ ; matin, pluie.

XVI. — *Période du 8 Juillet 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.		Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
	mm			
Juillet 1er	748.32	Juillet 6. Orage à Prague et en Bohême centrale ; beaucoup de personnes périssent, un plus grand nombre sont blessées ; la foudre et l'incendie font de grands ravages. Le même jour, en Angleterre, la foudre tuait plusieurs personnes, et les averses causaient des dommages considérables. Juillet 8. Typhon causant des pertes énormes au Tonkin ; grand désastre à Haïphong. 10. Orages effroyables à Northampton, Nottingham, Sheffield et Shrewsbury ; la grêle et les averses accompagnant l'orage causent de grands dommages aux récoltes.	Juillet 11. Pluie énorme aux Alpes autrichiennes, en Suisse et en Hollande. En Écosse, pluies torrentielles incessantes du 7 au 11 juillet.	Juillet 14. Tremblement de terre très fort à Berne et à Constance.
» 2	49.50			
» 3	43.79			
» 4	43 79			
» 5	43.83			
» 6	42.73			
» 7	43.68			
Pér.⊙ 8	45 20			
» 9	48.00			
» 10	42.50			
» 11	38.97			
» 12	41.04			
» 13	43.05			
» 14	44.34			
» 15	43.90			
» 16	746.84			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Juin 27 à	7 h.	30 m,	Zones d'absorption languiformes, de 5 diam. ⊙.
» 29	9	40	Zones blanc de neige irrégulières, de 2 diam. ⊙, ondée à 12 heures.
» 30	7	55	Zones très blanches, représentant des formes coniques plus ou moins tordues et irrégulières, de 3 diam. ⊙, halo noir ; plus tard, les zones sont moins rougeâtres et de 2 à 3 diam. ⊙. Pluie battante du 26 au 28, à peu près sans interruption.
» »	8	10	
» »	8	25	
Juillet 1er à	8 h.	10 m.	Zones très blanches, coniques, de 3 diam. ⊙.
2	7	30	Zones près du disque très blanches, plus loin grisâtres, de 5 diam. ⊙.
»	8	»	
»	10	6	Zones grisâtres, de 2 à 3 diam. ⊙.
3	9	40	Zones blanches, circulaires, de 3 diam. ⊙, disques rougeâtres, 32°,5 C.
»	10	59	
4	8	10	État inactinique, disques ⊙ rouges, zones très blanches, de 2 diam. ⊙.
»	10	10	

Juillet 5	10	10	Zones très blanches, elliptiques, de 2 diam. ⊙, disque ⊙ rouge, chaleur accablante.
» 6	8	10	Disque rouge, zones d'absorption très blanches, de 2 diam. ⊙ ; à 3 heures, orage.
» 7	8	5	Zones elliptiques, dentelées, blanches, de 3 diam. ⊙.
» 8	7	50	Zones très anches, de 4 diam. ⊙, halo noir, bourrasque violente, averse énorme de 6 à 7 heures du soir.

XVII. — *Période du 21 Juillet 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.		Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Juillet 20 744.57 Pér.⊙ 21 44.65 » 22 42.23 » 23 45.98 » 24 39.42 » 25 40.50 Ess. pér. 26 43 00 » 27 46.20 » 28 43.09 » 29 44.48 » 30 44.77 » 31 747.87	Juillet 19 et 20. Orages violents dans toute l'Autriche et dépression extraordinaire de température à Fusch, au Tyrol; la neige tombait pendant l'orage. Par l'ouragan, par les averses et par la grêle, beaucoup d'arbres fruitiers sont renversés et les récoltes détruites. Au lac d'Iséo, les vignes mêmes étaient déracinées et emportées par la force de l'ouragan. Simultanément, en Angleterre, tempête causant beaucoup de naufrages. 20. Orage et averse énorme détruisant le chemin de fer du Predeal, en Roumanie. 23. Ouragan à Sébastopol, 12 hommes tués et grands dommages. 25. Orage effroyable en Russie et ouragan, 67 maisons et 8 manufactures renversées et beaucoup d'arbres fruitiers déracinés. 22 au 23. Cyclones épouvantables en Wisconsin, Minnesota et Kansas. 12 personnes tuées et 16 blessées par la foudre; grands dommages.		Juillet 26. Depuis plusieurs jours, la presqu'île de Cyzicus est bouleversée par des secousses violentes et incessantes.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Juillet 9 à	8 h.	» m.	Zones très blanches, très étroites, halo noir.
» »	8	15	
» 10	8	»	État inactinique, images du disque ⊙ rouges, zones blanches de 2 diam. ⊙; le 11/7, orage et pluie à Prague.
» 13	8	40	Images du disque ⊙ rouges, zones blanches de 2 diam. ⊙, halo faible.
» 14	8	»	Zones grisâtres de 3 à 4 diam. ⊙; chaleur, éclairs du soir, puis tonnerre.
» 17	9	35	Zones blanches de 2 à 5 diam. ⊙, circulaires, halo noir à 2 heures du matin; très fort orage à Prague.

XVIII. — *Période du 2 Août 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempetes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Juillet 31 747.87 Août 1er 45.31	Août 2. Orages violents et grandes averses en	Ondées énormes, accompagnées de tempêtes,	Août 2. Secousses violentes à Fosca, en Bosnie.

Pression barométrique minima à Prague.		Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.
	mm		
Pér.⊙ 2	744.28	Carinthie et en Croatie. 4. Orage général en Bohême, beaucoup de victimes de la foudre et grands dégâts aux récoltes.	crue des eaux en Virginie et au Maryland, beaucoup de personnes noyées et grands dommages.
» 3	46.43		
» 4	45.95		
» 5	48.38		
» 6	48.20		
» 7	48 08		
» 8	46.68		
Ess. p. 9	745.85		

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Juillet	18 à	8 h.	» m.	Zones très blanches, en forme d'anneaux, séparés du disque ⊙ par un intervalle noir de 1,5 diam. ⊙ ; les anneaux, parfois, ne sont guère développés que de 180°, et leur diamètre apparent est à peu près de 4 diam. ⊙.
»	19	11	35	Zones très blanches de 2 diam. ⊙, images du disque ⊙ rouges; à 12 heures, orage et pluie torrentielle à Prague.
»	27	8	20	Zones circulaires de 1,5 diam. ⊙, halo très noir; du 28 au 30, pluie torrentielle incessante.
»	31	9	30	Zones diffuses, blanchâtres, de 2 diam. ⊙.
Août	2	8	20	Zones grisâtres de 1,5 diam. ⊙.
»	4	10	25	Zones languiformes, blanchâtres, de 4 diam. ⊙ éclairs extraordinaires, éblouissants, à 6 h. 30 m., à Prague.
»	6	8	40	Zones circulaires, 1,5 diam. ⊙.
»	7	10	»	Couronne très bien visible et grand halo noir.

XIX. — *Période du 15 Août 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.		Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
	mm			
Août 10	745.37	Août 9 et 10. Orage épouvantable à Budapest, ondée énorme, 8 hommes noyés à Ofen. 11. Orages très répandus en Bohême, très violents dans l'Erzgebirge; beaucoup d'incendies causés par la foudre, qui fait des victimes. 12. Orage en Écosse, causant de très grands dommages; beaucoup de victimes de la foudre. 19. Orages violents aux Alpes autrichiennes.	Août 11. Pluie torrentielle à Budapest, 87 millimètres en deux jours, du 10 au 11/8.	Août 10. Tremblement de terre des plus forts observés depuis un siècle en ces lieux. Le tremblement se propageait le long des côtes de l'océan Atlantique, du Maine jusqu'au Maryland. Les secousses les plus fortes arrivaient à Hartford (Connecticut), 6 secousses consécutives. Les Perséides, essaims des plus remarquables, passent l'atmosphère du 8 au 12 août. Août 19. Tremblement très fort à Cosenza pendant 2 minutes, plus fort encore à Rossano.
Ess. pér. 11	44.18			
» 12	44.05			
» 13	44.36			
» 14	41.79			
Pér.⊙ 15	41.95			
» 16	46.84			
» 17	48.02			
» 18	44.65			
» 19	44.63			
» 20	41.05			
» 21	44.75			
» 22	746.85			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Août	8 à	2 h.	» m.	Belle couronne ⊙, traces d'absorption.
»	9	9	15	Couronne ⊙ et halo.
»	10	10	15	Couronne sans halo.
»	11	8	»	Zones blanchâtres.
»	12	8	10	Zones très blanches, halo faible.
»	13	8	10	Spirales circulaires très nettes dans les zones d'absorption considérables de 6 diam. ⊙.
»	»	8	35	Zones très blanches, elliptiques, de 5 diam. ⊙.
»	14	10	10	Zones blanchâtres très nettes, circulaires.
»	16	9	30	Couronne.
»	17	9	45	Zones très blanches, spirales elliptiques de 5 diam. ⊙.

Août 18	8	5	Zones grisâtres, bien nettes, circulaires, de 3 diam. ⊙, halo.
» »	9	30	Zones blanc de neige, coniques, et spirales elliptiques de 4 diam. ⊙.
» 19	11	30	Zones blanches languiformes de 5 à 6 diam. ⊙, contenant des spirales irrégulières elliptiques près du disque ⊙. Formation remarquable de cirrhus très déchirés sur le ciel serein, bourrasques très fortes et mouvement tourbillonnant de vent près du sol, formant des trombes de poussière.

XX. — *Période du 27 Août 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Août 22 746.86 » 23 47.34 » 24 48.83 » 25 44.40 » 26 36.64 Pér. ⊙ 27 36.66 » 28 41.57 » 29 41.09 » 30 42.60 » 31 741.61	Août 27. Trombe d'eau au port de Pola, emportant un wagon avec 800 à 1,000 kilogrammes de houille à 40 mètres des rails. 27. Bourrasque soudaine au lac de Constance, renversant les navires et noyant 3 hommes. 28. Cyclones à Manitoba et Dakota et, le 29, à Évansville (Indiana). Beaucoup de dommages et morts d'hommes. 29. Dépression extraordinaire du baromètre en Ecosse.	Août 27. Averses et neige tombant à Landech, au Tyrol, et sur l'Arlberg. Les hautes montagnes du Tyrol couvertes de neige récente. 28. Ondée en Croatie, crue et inondation du fleuve Gyula, dommages considérables.	Août 25. Grand bolide observé à Salzbourg, à 9 h. 15 du soir. Septembre 2. Secousses très fortes à Wiener, Neustadt et Gainfahrn du S.-E. au N.-O.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Août 20 à	9 h.	5 m.	Zones très blanches et spirales elliptiques de 8 diam. ⊙, elles affectent la forme de queues de comètes. Ondée à 6 heures du soir.
» »	9	30	Zones en forme de queues de comètes, 8 diam. ⊙.
» 21	9	30	Zones beaucoup amoindries, de 1,5 diam. ⊙, très blanches, elliptiques halo très noir.
» 22	8	40	Belle couronne, ciel sans nuages.
» 23	10	10	Couronne, ciel sans nuages.
» 24	10	30	Zones grisâtres, elliptiques, de 2,5 à 3 diam. ⊙; ciel serein.
» 25	9	30	Zones blanchâtres, oblongues, de 5 diam. ⊙, halo très noir.
» 26	10	45	Zones très blanches, circulaires, de 2 diam. ⊙.
» 29	9	20	Zones très blanches et très nettes, oblongues, de 3 diam. ⊙.
» 30	9	10	Zones très blanches, circulaires, de 1,5 diam. ⊙.
» »	9	20	(idem)

XXI. — *Période du 9 Septembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Septembre 1 742.82 » 2 43.45 » 3 39.34 » 4 29.65 » 5 29.99 » 6 39.34 » 7 40.28 » 8 44.16 Période ⊙ 9 47.91 Ess. pér. 10 50.35 » 11 52.17 » 12 53.32 » 13 51.04 » 14 48.50 » 15 49.53 » 16 51.10 » 17 52.28 » 18 50.50 » 19 745.85	Septembre 3. Orages et grandes pluies dans toute la Bohême, dommages considérables. 9 et 10. Cyclones dévastant le Wisconsin, le Minnesota et Iowa. Dommages de plus de 2 millions de dollars, 6 ponts et un grand nombre de maisons détruits. 10. Tempête en Hollande, naufrages, orage violent à Trieste, grêlons gros comme des œufs de pigeon. 11. Ouragan en Islande, 19 navires perdus, 32 fortement endommagés. Il y a beaucoup de victimes.	Septembre 9. Pluie torrentielle en Autriche et aux Alpes, inondation par le lac de Zirknic et en Carinthie. Même jour, ondées énormes en Amérique méridionale par le Chippewa et l'Eau-Claire; trombe dévastatrice au Mexique, elle tue 30 personnes.	Septembre 12. Secousses violentes à Lissa, en Dalmatie, durée 4 secondes, à 3 h. 32 m. après midi. Les îles Steers et Calmeyer, émergées le 27 août 1883 ont disparu sous les flots au commencement de septembre 1884.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Septembre 1	à 9 h.	30 m.	Zones énormes, de 8 à 9 diam. ⊙, en forme de culottes, et couronne très étendue; près du disque, spirales circulaires.
» 2	9	15	Zones grisâtres, de 6 diam. ⊙, et spirales elliptiques.
» 3	8	45	Zones grisâtres, de 4 diam. ⊙. Le soir, orage violent et pluie torrentielle à Prague.
» 6	2	»	Zones faibles ; du 7 au 13, pluie et ciel couvert.
» 13	8	55	Zones blanc de neige, très nettes, de 2 diam. ⊙.
» 14	10	30	Zones en forme de flammes dentelées.
» 15	10	10	Zones très blanches, dentelées, de 2 diam. ⊙.
» 16	9	45	Zones blanc de neige, oblongues, de 2,5 diam. ⊙, et dentelées.
» 17	9	40	Zones blanc de neige, oblongues et dentelées, de 2,5 à 4 diam. ⊙.
» »	10	28	(même observation)
» 18	10	30	Zones très blanches, oblongues, de 2 à 4 diam. ⊙.

XXII. — *Période du 22 Septembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Septemb. 20 746.08 » 21 44.15 Pér. ⊙ 22 43.16 » 23 45.69 » 24 51.11 » 25 48.43 » 26 45.95 » 27 46.97 » 28 49.15 » 29 50.22 » 30 748.60	Septembre 18, 19, 20. Orages aux Alpes d'Autriche. 20. Orage violent en Bohême, beaucoup d'incendies. 21. Tempête en Moravie et orages épouvantables en Angleterre. 23. Bourrasques très fortes aux côtes d'Angleterre, ouragan à Washington County et Minnesota pendant deux jours et causant de grands dommages. Orages et grandes averses en Bohême. 27. Cyclone en Écosse et dépression extraordinaire. 28. Orage violent en Angleterre; grande marée à Buenos-Ayres ; dommages énormes au port de Buenos-Ayres par les flots et beaucoup de naufrages.	Septembre 18. Orage de neige à Orenbourg, en Russie.	Septembre 19. Secousses très violentes à Windsor (Ontario) : plusieurs secousses pendant 15 secondes. Le même jour en Indiana, Ohio, Michigan, Iowa et Kentucky.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Septembre 19	à 11 h.	30 m.	Zones de 6 diam. ⊙, blanches, éblouissantes, et spirales circulaires.
» 20	2	38	Zones blanc de neige, circulaires, de 2 diam. ⊙.
» 21	3	40	Zones très blanches, circulaires, de 4 à 5 diam. ⊙.
» 22	2	35	Zones blanches, éblouissantes, de 3 diam. ⊙.
» 23	9	10	Zones blanc de neige, de 2 diam. ⊙.
» »	9	45	Zones énormes, paraboliques, de 7 diam. ⊙.
» 24	12	»	Zones blanc de neige, de 1,5 diam. ⊙.
» 28	10	10	Zones grisâtres, de 1,25 diam. ⊙, mal définies.
» 29	9	20	Zones blanchâtres, de 3 à 4 diam. ⊙.
» 30	12	35	Zones très faibles et très étroites.

XXIII. — *Période du 5 Octobre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Octobre 1er 744.85 » 2 42.68 Pér. $\odot$ 3 41.87 » 4 43.73 » 5 50.94 Ess. pér. 6 48.00 » 7 44.72 » 8 35.85 » 9 38.35 » 10 33.85 » 11 32.35 » 12 36.47 » 13 39.76 » 14 43.01 » 15 746.02	Octobre 3. Tempête dans l'Adriatique, grandes pertes de bateaux et de personnes. 4 et 5. Orage de neige aux Alpes d'Autriche, très violent en Carinthie. 7. Cyclone effroyable à Catane, après trois jours très orageux; dégâts considérables, nombre de gens périssent.	Octobre 2. Pluie très abondante aux Alpes d'Autriche. 5. Ondée énorme en Wisconsin, destruction du chemin de fer, pertes de biens et de personnes, les communications sont suspendues pendant onze jours à Buenos-Ayres. 12. Inondations en Hongrie par la Raab, à cause des pluies incessantes.	Octobre 5. Écroulement de rochers à Saratow, en Russie, détruisant nombre de maisons et 4 manufactures ; bolide magnifique observé à Paris. 9. Secousses très violentes à Gmund ; les habitants, saisis de terreur, abandonnent les maisons.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Octobre 1er à 10 h. 40 m. Ni absorption, ni halo, très clair.
» 9 9 30 Zones énormes de 8 diam. $\odot$, oblongues, blanchâtres.
» » 10 » Zones elliptiques de 4 diam. $\odot$.
» 10 9 » Zones très étroites.
» 13 10 » Zones très blanches, elliptiques, de 3 diam. $\odot$.
» 15 10 30 Zones elliptiques de 3 diam. $\odot$, vent très fort.

Du 16 au 18, bourrasques et ouragan ; le ciel reste couvert au 19 octobre.

XXIV. — *Période du 18 Octobre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.
mm Octobre 16 744.01 Pér. $\odot$ 17 44.42 » 18 41.28 Ess. pér. 19 42.00 » 20 46.32 » 21 50.45 » 22 750.62	Octobre 18. Ouragan à Prague, déracinant les arbres, emportant les toits et endommageant le clocher du Dôme ; à Vienne, même jour, aux boulevards, grand nombre d'arbres déracinés et de lanternes detruites ; dommages encore plus grands qu'à Prague. 19. Orage très tardif aux montagnes ; à Johannisberg, avec averses, grêle et neige. Les montagnes sont entièrement couvertes de neige. Dépression barométrique énorme dans l'Europe boréale.	Octobre 18. Ondée pendant 10 minutes, il tombe beaucoup d'eau à Vienne. 17. Ondées énormes dans l'Europe centrale, accompagnées çà et là par des ouragans.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Octobre 19 à 9 h. 30 m. L'image du soleil se trouve entourée d'anneaux de 6 diam. $\odot$, gris foncé, séparés du disque par un intervalle à peu près noir. Ouragan du 18 au 19 octobre, suivi de pluies torrentielles et incessantes du 20 au 22 octobre.

» 25 9 15 Mêmes anneaux gris autour du disque ; éclaircies, du 26 au 31 ciel couvert.

XXV. — *Période du 28 Octobre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.		
mm			
Octobre 23 748.60	Octobre 23. Bora violent dans l'Adriatique. 27. Siroco furieux dans l'Adriatique. 28. Ouragan épouvantable dans l'Atlantique, dépression barométrique énorme dans l'Europe centrale. Même jour, ouragan aux côtes d'Allemagne et orage de neige aux Alpes bavaroises, aux montagnes de la Saxe, à Stockholm et à Saint-Pétersbourg.		
» 24 43.54			
Ess. pér. 25 40.80			
» 26 34.85			
» 27 32.42			
Pér. ⊙ 28 38.17			
» 29 42.61			
» 30 52.05			
» 31 758.20			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Temps affreux du 25/10 à la fin du mois.
Novembre 2 à 10 h. 23 m. Couronne solaire, pression barométrique énormément haute.
» 5 10 25 Rien que le disque, gelée, ciel clair.
» 6 11 30 Anneaux gris séparés du disque par un intervalle noir.

XXVI. — *Période du 10 Novembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.		Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm			
Novemb. 1er 753.11	Novembre 11. Anticyclone sur l'Europe centrale, produisant des pressions barométriques très élevées. 14. Tempête en Bohême.		Novembre 17. Secousses très violentes avec bruit de tonnerre souterrain à Klagenfourt, Pichlhof, Pöltschach et Traibach, en Krain, à 1 h. 56 m. de la nuit.
» 2 48.88			
» 3 46.23			
» 4 47.40			
» 5 49.11			
» 6 51.20			
» 7 51.86			
» 8 54.95			
» 9 52.24			
Pér. ⊙ 10 53.56			
» 11 57.49			
» 12 56.01			
Ess. pér. 13 54.32			
» 14 55.78			
» 15 53.85			
» 16 48.60			
» 17 45.92			
» 18 42.86			
» 19 45.74			
» 20 43.31			
» 21 737.88			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Novembre 11 à 10 h. » m. Images blanches du disque ⊙, brume.
» 12 11 30 Anneaux gris comme en octobre.
» 20 9 50 Images blanches du disque ⊙, gelée, serein.

XXVII. — *Période du 24 novembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm			
Novemb. 21 737.88	Novembre 24. Bora furieux dans la mer Adriatique.	Novembre 26. Le Rhin atteignait le niveau le plus bas du siècle 8 cen-	Novembre 25. En Styrie, cinq secousses violentes avec bruit de tonnerre
» 22 40.05			
Pér. ⊙ 23 39.18			

Pression barométrique minima à Prague.	Ondées électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Novemb. 24 407.20 » 25 44.95 » 26 43.82 Ess. pér. 27 38.92 » 28 35.00 » 29 32.23 » 30 37.89 Décembre 1er 45.45 » 2 747.37	25. Tempête à Prague et à Lessina, en Dalmatie; beaucoup de dégâts à Prague et les trains de chemins de fer retardés. 27. Orage épouvantable de neige aux Carpathes du 25 jusqu'au 27; à Lemberg, les chemins de fer et les tramways arrêtés par les masses considérables de neige et température de — 20° C.; à Sarajevo, — 8° C.; même jour, neige à Naples. 26. Ouragan aux côtes de Newfoundland et orage de neige en Bohême et en Moravie. 27. Ouragan à Gênes. 28. Föhn violent au Tyrol et en Suisse.	timètres, au pont de Cologne. La navigation est suspendue. Orage de neige du 20/11 au 27/11 en Autriche; masses de neige énormes en Bohême, en Galicie et au Tyrol; de même, à Naples, la neige tombait dans la nuit du 26/11 au 27/11 du matin.	à Franz, dans la matinée. 27. A 11 heures du soir, secousses violentes à Lausanne, Genève, Morges, en Savoie et dans le département de l'Isère. Les cloches sonnaient et les meubles étaient agités. A Grenoble, les secousses étaient des plus violentes et elles étaient ressenties jusqu'à Turin, Cannes et Interlaken.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Novembre 23 à 10 h. » m. Zones très blanches, circulaires, de 2.5 diam. ⊙, et couronne ⊙; ciel serein; à l'horizon, brume épaisse.

XXVIII. — *Période du 7 Décembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.
mm Décemb. 1er 745.45 » 2 47.37 » 3 42.08 » 4 35.71 Pér. ⊙ 5 38.80 » 6 43.49 » 7 44.10 » 8 45.35 » 9 43.07 » 10 41.93 » 11 39.97 Ess. pér. 12 35.05 » 13 48.17 » 14 48.92 » 15 742.79	Décembre 4. Ouragan à Lemberg, du 3 au 4/12 grand orage de neige en Prusse et dans toute la Galicie; communication par les chemins de fer généralement suspendue. 5. Changement remarquable de température en Bohême (N.) de — 22° C. le 4/12 à + 3° C. le 5/12; même jour, ouragan à Hambourg et en Écosse. 8. Ouragan à Holyhead, grandes pertes de navires. Même jour, ouragan en Styrie. 9. Ouragan à Vienne, train renversé sur la ligne d'Aspang; dégâts énormes à Vienne. 11. Siroco violent au Tyrol.	Décembre 5. Ondée aux montagnes occidentales de la Bohême, crue générale des fleuves en Bohême, du 5 au 6/12. L'Elbe marquait, à Melnik, 1m,42. Débâcle et crues dangereuses en Galicie du San et d'autres fleuves.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Décembre 1er à 9 h. 55 m. Zones très blanches, nettement circulaires, de 2 diam. ⊙, halo très noir.
» 11 2 » Zones très blanches, de 4 diam. ⊙, en forme de cônes.
Temps affreux du 2 au 10/12 et du 12 à la fin du mois de décembre.

XXIX. — *Période du 20 Décembre 1884.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages électriques et tempêtes.	Ondées et crues des eaux.	Tremblements de terre et éruptions volcaniques.
mm Décemb. 14 748.92 » 15 42.79 » 16 37.34 » 17 32.84 Pér. ☉ 18 39.79 » 19 32.63 » 20* 21.16 » 21 25.63 » 22 36.30 » 23 38.86 Ess. pér. 24 39.43 » 25 41.02 » 26 42.35 » 27 46.87 » 28 48.53 » 29 46.05 » 30 44.50 » 31 747.03 * Minimum minimorum de l'année.	Décembre 17. Froid intense en Russie — 30° C.; au Canada, le 22/12, — 30° C. 19. Ouragan effroyable aux côtes de la Méditerranée et au canal de la Manche; force inouïe du vent, beaucoup de naufrages. 21. Ouragan au Japon, 500 maisons renversées et 1,800 personnes tuées; à Kuraschiki, à Iyo, 151 maisons et 112 jonques détruites; 170 personnes noyées. 17 au 19. Tempête violente sur les côtes de la Nouvelle-Écosse, beaucoup de naufrages.	Beaucoup de neige en Bohême; les communications suspendues pendant trois jours, du 21/12 au 24, aux montagnes nord-ouest de la Bohême.	Décembre 18. Tremblement de mer effroyable sur l'Atlantique au 38°15′ de latitude nord et 29°22′ ouest, près des Açores, observé par le capitaine de la barque « Isabel-Saint-John »; secousses très violentes le 22 aux îles Canaries. Marée énorme, les ondes arrivaient de l'Océan au canal de la Manche le 20/12. Décembre 25. Désastre dans la province de Grenade, en Espagne, précédé de tremblement à Lisbonne, le 22/12. Le baromètre, très élevé le 19, descend rapidement, et baisse énormément pendant le tremblement. 27. Des tremblements de terre à Farvis, en Autriche.

En résumé, il est permis de supposer avec la plus grande vraisemblance :

1° Que les grands mouvements atmosphériques sont dus à l'action combinée du soleil et des essaims périodiques de météorites sur notre atmosphère ;

2° Qu'ils sont produits par les changements de vitesse de rotation des couches supérieures de l'atmosphère ;

3° Que, enfin, les mouvements giratoires (cycloniques), ainsi produits, peuvent se propager, à travers les couches fluides de l'atmosphère et des océans, jusqu'à l'intérieur du globe et causer dans les couches fondues du noyau terrestre des mouvements analogues, des trombes ignées, dont la pression et les chocs violents contre la croûte terrestre, si inégale en épaisseur, peuvent déterminer la rupture, la production de fissures profondes, et, quand la pression et les secousses sont assez fortes, chasser, par les crevasses du sol, les matières ignées de ces trombes souterraines et les projeter hors de la surface de la terre. C'est ainsi que se forment les jets d'eau et de boue bouillantes, les colonnes de vapeurs, les jets et courants de laves, mêlés de débris de croûte solide fracturée par les trombes, et que se produisent les tremblements de terre et les éruptions volcaniques.

C'est ainsi que s'expliquent le parallélisme des grands mouvements atmosphériques et séismiques, des orages magnétiques et électriques très intenses, des aurores boréales, des pluies torrentielles, et la présence simultanée de bolides très lumineux et très nombreux et même les explosions effroyables de gaz dans les houillères.

I. — *Période du 1er Janvier 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Janvier 0 748.16 Période ⊙ (*) Ess. pér. 1 53.12 » 2 53.13 » 3 49.45 » 4 49.59 » 5 49.23 » 6 49.64 » 7 46.02 » 8 40.69 » 9 743.39	1/I. Tempête violente dans la mer Adriatique, beaucoup de naufrages. 1/I et 31/XII 1884. Dépression barométrique énorme et soudaine en Espagne. 4/I. Ouragan en Espagne (provinces basques et Malaga).	1/I et à la fin de décembre 1884. Ondées torrentielles en Espagne méridionale, détruisant ce qu'ont épargné les tremblements de terre. 4/I. Beaucoup de neige dans la Navarre.	1/I et 31/XII 1884, secousses violentes et bruit effroyable à Torrox (Malaga). A Albanuelas (Grenade), la terre se fendait et l'église était engloutie. A Marson, hommes et bétail ont disparu dans les profondes crevasses du sol. Le terrain du village de Guejevar était déplacé de 22 mètres. 2/I 85 et 28/XII 84 le séismomètre, à l'Observatoire accusait 200 secousses. 5/1. Secousse violente à Malaga. 7/1. Secousses très fortes à Genève, dans la Haute-Savoie et au canton des Grisons.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Janvier 1-7 Le ciel reste couvert.
» 8 Zones d'absorption faibles et diffuses, 1,5 diam. ⊙.
» 9 Couronne solaire fort visible et halo faible.

II. — *Période du 18 Janvier 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Janviêr 10 740.69 » 11 27.24 » 12 28.42 Pér. ⊙ 13 32.20 » 14 29.47 Ess. pér. 15 41.04 » 16 744.25	10/I. Ouragan, ondée et grêle en Angleterre; froid extraordinaire en Russie, de —52°,5 C. 15/I. Cyclone violent sur l'océan Atlantique et sur la mer Adriatique.	12 au 14. Crue du Tibre, à Rome. 14/I. Orage de neige à Rome; en Autriche, masses énormes de neige du 14 au 16. 16/I. Marée très haute, inondant la ville de Nice et causant de grands dégâts. Aux Alpes autrichiennes, de la Suisse et d'Italie, la neige accumulée sur les montagnes descendait dans les vallées, causant par les avalanches la mort de nombre de gens et détruisant des villages entiers.	12/I. Éboulement de terrain à Cernovic, masses énormes tombant pendant 48 heures sur une longueur de 250 mètres et détruisant le palais de l'évêque. 12/I. Une source vient de jaillir soudainement dans le Danube, aux bains d'Altenbourg, et s'élève de 1 mètre au-dessus du niveau du fleuve. 13/I. Fortes secousses à Irkoutsk, en Sibérie. 13/1. Secousses violentes à Alumneçar et à Canillas, en Espagne.

(*) Maximum, pression extraordinaire barométrique.

			Tremblements de terre.
			13/I. Secousses à Kolding, en Danemark, à 6 heures du matin. 13/I. Explosion aux houillères de Liévin (Béthune), 28 hommes tués.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

10	Janvier.	Très belle couronne (11 h. 13).		
11	»	11 h.	» m.	Zones d'absorption de 4 diam. ⊙, grises et oblongues.
»	»	7	35	
12	»	10	48	Zones d'absorption diffuses, en forme de queues de comètes, 2 1/2 à 2 diam. ⊙.
»	»	11	13	
13 et 14.				Couvert et brume épaisse.
15	»	11	15	Zones larges, blanchâtres et elliptiques, 3 à 4 diam. ⊙, très nettes.
»	»	1	30	
16	»	9	»	Zones diffuses.

III. — *Période du 25 Janvier 1883.*

Pression barométrique minima à Prague.			Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
		mm			
Janvier	17	748.30	25/I. Dépression énorme de température à Tarvis — 22° C.; tempêtes des plus violentes aux Alpes d'Autriche. 26/I. Bora furieux sur l'Adriatique, ouragan à Nouméa et au Pirée. La flottille autrichienne dispersée par l'ouragan.	23/I. Masses énormes de neige aux Alpes d'Autriche et d'Italie; les avalanches ont causé de grands dommages. Neige à Palerme, fortes averses en Australie, e grand désastre au chemin de fer à Wagga-Wagga, à cause de l'éboulement des digues.	23/I. Explosion de grisou à Hohndorf, plusieurs mineurs tués. 27/I. Secousses renouvelées et personnes tuées en Andalousie. Le même jour, à Lorenzen, secousses de 10 secondes, à 3 h. 35 m., très nombreu es en Carinthie jusqu'à Leutschach, le long des montagnes de Bucheren.
»	18	52.17			
»	19	53.61			
»	20	48.81			
»	21	48.07			
»	22	50.02			
»	23	51.16			
»	24	51.52			
Pér. ⊙	25	52.27			
»	26	50.06			
»	27	49.18			
Ess. pér.	28	45.96			
»	29	41.08			
»	30	39.42			
»	31	736.22			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

17	Janvier	12 h.	20 m.	Belle couronne, ni halo, ni zones d'absorption.
18	»	9	20	Peu nettes, circulaires, blanches, de 1 1/4 diam. ⊙.
19	»	10	10	Très blanches, circulaires, de 2 diam. ⊙, très nettes.
20	»	10	30	Zones très nettes et blanches, de 2 diam. ⊙.
21	»			Ciel couvert.
22	»	10	»	Blanches, diffuses, de 1 1/2 diam. ⊙.
23	»	11	40	Très blanches, de 1 1/2 diam. ⊙.
24	»			Brume épaisse.
25	»	10	45	Zones faibles, grisâtres, 1 1/2 diam. ⊙, brume.
26	»			Brume épaisse.
27	»	10	50	Brume, peu actinique, images mal définies.
28	»	11	40	Halos très forts.
29	»			Ciel couvert.
30	»			Brume épaisse.
31	»			Ciel couvert.

IV. — *Période du 7 Février 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.		mm
Février	1	744.10
»	2	43.10
»	3	32.41
»	4	33.87
»	5	36.90
»	6	41.58
»	7	45.71
Pér. ⊙	8	48.95
»	9	38.15
Ess. pér.	10	40.02
»	11	48.61
»	12	50.60
»	13	750.51

Orages et tempêtes.

7/II. Orage épouvantable à Aden et en Barbarie. Beaucoup de naufrages.

8/II. Ouragan furieux dans l'océan Atlantique, beaucoup de naufrages.

Pluies et crues des eaux.

7/II. Pluies et crues des eaux en Bohême, débâcle de l'Elbe, 2m,30 ; crues désastreuses aux Alpes d'Autriche.

9/II. De grandes inondations ont détruit la digue et le pont du chemin de fer à Saint-Denis-sur-Sig, en Algérie.

12. Masses énormes de neige tombant dans les Alpes (à Bregenz, 17 millimètres). Le même jour, grande pluie, la neige et les avalanches ont détruit en partie la ville d'Utah, dans l'Amérique du Nord.

Tremblements de terre.

12/II. Secousses très fortes en Andalousie (Alhama).

Éruptions volcaniques.

5/II. Explosion dans les houillères de l'Indiana, 3 mineurs tués et une centaine de blessés.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

1er Février	11 h.	20 m.	Zones très blanches, de 2 diam. ⊙, et halo.
2 »			Ciel couvert, brume.
3 »	11	30	Couronne solaire faible.
4 au 5			Couvert, temps très mauvais.
6 »	10	25	Couronne, halo très fort; zones énormes, de 7-8 diam. ⊙.
7 au 12			Le ciel reste couvert.
13 »	10	15	Couronne et halo double, blanc et grisâtre.
14 »	11	30	État très inactinique, les images du soleil rouge foncé, avec des halos doubles de 4-5°, blancs et grisâtres.
15 »	11	20	Zones d'absorption de 1 1/4, diam. ⊙, halo faible.
16 au 18			Ciel couvert, pluie.

V. — *Période du 19 Février 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.		mm
Février	14	744.88
»	15	40.52
»	16	37.37
»	17	33.37
»	18	29.62
Ess. pér.	19	41.50
Pér. ⊙	20	34.22
»	21	35.86
»	22	52.95
»	23	49.05
»	24	50.77
»	25	48.53
»	26	50.56
»	27	49.31
»	28	744.29

Orages et tempêtes.

21/II. Ouragan d'une force inouïe en Angleterre, en Écosse et en Irlande, maisons et arbres enlevés et renversés, beaucoup de naufrages.

Pluies et crues des eaux.

16/II. Trombe atmosphérique à Argentan (département de l'Orne), plusieurs coups de foudre.

17/II. Ouragan de neige, crues des eaux aux États-Unis d'Amérique.

19/II. Crue de la Moldau, 85 c. 3, et de l'Elbe, 1m,70-2m,15. Même jour, crues d'eaux et pluies très abondantes aux Alpes d'Autriche.

21/II. Crue soudaine de 10 mètres de la Riesenquelle à Dux, près de Teplitz, en Bohême.

Tremblements de terre.

18/II. La poudrière de Gibraltar fait explosion sans motif connu.

21/II. Secousse très forte avec bruit de tonnerre et siroco furieux à Verona.

Id. Secousse violente à Ala, au Tyrol.

24/II. Trois secousses violentes à Temesvar, à 9 h. 30 du soir ; durée, 2 secondes.

Éruptions volcaniques.

22/II. Formation d'un volcan près de Jonin, en Russie, dans le gouvernement de Smolensk: flammes et fumées.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

14 Février	11 h.	30 m.		Images rouges du soleil, entourées de halos blanchâtres, de 4-5°.
15	»	11	20	Zones blanchâtres, de 1 1/4 diam. ⊙, halo faible.
16 au 18				Pluie.
19	»	10	45	Couronne.
20 au 21				Pluie et neige.
22	»	10	»	Couronne.
23 au 24				Brume, ciel couvert.
25	»	10	15	Couronne et halos très sombres.
26	»	10	»	Couronne et halo.
27	»			Couvert et brume épaisse.
28	»	9	50	Zones blanches de 1 1/4 diam. ⊙, halos très foncés.

VI. — *Période du 4 Mars 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.			Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.	Eruptions volcaniques.
		mm				
Mars	1er	741.29	6/III. Trombe atmosphérique à Hanau, la gare renversée par la force du vent et beaucoup de dommages causés par l'ouragan.	7/III. Deuxième crue de la Moldau, 1m,32; de l'Eger, 2m,67; de l'Elbe, 1m,50. 9/III. Inondations de la Bukovine.	27/II. Secousses violentes à Malaga et à Grenade. 3/III. Explosion de grisou aux houillères de Newcastle, 26 mineurs tués. 6/III. Explosion épouvantable de grisou aux houillères de Karvin (Autriche), 110 mineurs tués.	Eruption de l'Etna et violent tremblement de terre, de très longue durée, à Zafferana, sur l'Etna.
Ess. p.	2	42.63				
»	3	44.69				
»	4	37.19				
Pér. ⊙	5	32.48				
»	6	25.40				
»	7	32.81				
»	8	42.86				
»	9	53.23				
»	10	42.73				
»	11	45.02				
»	12	747.58				

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

1er Mars	11 h.	20 m.		Zones très blanches, de 2 diam. ⊙, et halo.
2	»			Ciel couvert.
3	»	11	30	Halo très foncé, couronne.
4 au 7				Temps affreux, grandes pluies et neige.
8	»	10	45	Bourrasques, halo très foncé, couronne.
»	»	1	45	Halo faible, zones d'absorption de 1 1/2 diam. ⊙.
9 au 12				Ciel couvert, bourrasque très forte, pluie et neige.
13	»	2	15	Très clair, belle couronne, halo très foncé.

VII. — *Période du 17 Mars 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.			Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
		mm			
Mars	13	752.27	13 au 14/III. Ouragan à Halifax, en Amérique, et sur l'Atlantique. 19/III. Ouragan en Hongrie; la ville de Pullendorf (comitat d'Oedenburg), en Hongrie, brûlée pendant la tempête. 20/III. Bora furieux sur l'Adriatique, à Trieste, et grande dépression barométrique dans l'Europe centrale du 18 au 21/III. 21/III. Orage de neige épouvantable aux Iles Britanniques.	21/III. Beaucoup de neige tombe en Angleterre, 20 centimètres; de même en Bohême; dans l'Erzgebirge, toutes les communications sont interrompues.	17/III. Explosion aux houillères de Camphausen, près de Saarbruck, 200 hommes tués. 19/III. Grand bolide luisant, couleur clair verdâtre, se transformant en rouge et en rose, 1/4 diamètre de la lune. 22/III. Secousses de 2 secondes, très violentes à Athènes, en Grèce. La ville de Karna, près de Mégalopolis, est entièrement détruite; même jour, tremblement aussi en Asie Mineure, à Ikonion.
»	14	51.14			
»	15	50.57			
Ess. p.	16	51.78			
»	17	46.22			
Pér. ⊙	18	36.49			
»	19	35.36			
»	20	36.38			
»	21	32.97			
»	22	40.66			
»	23	41.66			
»	24	744.38			

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

14 Mars — Ciel couvert.
15 » 10 h. » m. Halo assez fort, couronne solaire bien visible.
16 » 2 30 Rien, ni halo ni couronne.
17 » 2 20 Très clair, belle couronne, halo faible.
18 et 19 — Ciel couvert, temps affreux, averses continuelles.
20 » 12 » Très clair, zones d'absorption assez larges, grises, elliptiques, de 3 diam. ⊙; le grand halo rougeâtre autour du soleil, très visible; le soir, fortes bourrasques.
21 » Pluie diluvienne.
22 » 10 45 Zones d'absorption oblongues, grises, de 2 1/2 diam. ⊙, halo très foncé, et grand halo rougeâtre autour du soleil, de 22°, fort visible.
23 au 29 — Ciel couvert, pluie et vent très fort.

VIII. — *Période du 29 Mars 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Mars 25 744.62 » 26 45.64 » 27 40.97 » 28 44.36 » 29 44.81 Pér. ⊙ 30 45.64 » 31 48.25 Avril 1er 42.28 » 2 38.60 » 3 42.27 Ess. pér. 4 39.44 » 5 737.50	29/III. Orage à Gratz, en Styrie; plusieurs coups de foudre. 30/III. Ouragan à Shanghaï (Chine), naufrages. 30-31/III. Orage de neige en Écosse. 1/IV. Ouragan dans la mer Noire, naufrages. 3/IV. Ouragan et masses énormes de neige en Afghanistan, aux montagnes Safed-Koh.	27/III. Masses de neige aux Alpes autrichiennes. 30-31/III. Neige très abondante en Écosse, les communications interrompues. 31/III. Masses de neige dans l'Italie supérieure, jusqu'à Florence.	27/III. Explosion en Indiana, 11 hommes tués; et à Dombrau, en Silésie, 54 mineurs tués. 29/III. Affaissement du terrain sur la ligne du chemin de fer de Dalaas à Bludenz, en Vorarlberg. 30/III. Secousses très violentes en Grèce. A Kalamata, Nizzi et Mégalopolis, plusieurs maisons s'effondrent. Il y a des blessés. 3/IV. Explosion à Marcinelle, en Belgique; 18 personnes tuées.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

30 Mars 2 h. 20 m. Les images sans halo et sans zones d'absorption.
31 » Ciel couvert.
1-2 Avril — Le ciel presque toujours couvert.
3 » 12 15 Zones d'absorption blanches, elliptiques, de 3 diam. ⊙.
4 » 10 » Couronne.
5 » 8 20 Couronne et halo foncé.
6 » Ciel couvert, bourrasques.

IX. — *Période du 11 Avril 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Avril 6 732.90 » 7 26.84 » 8 27.27 » 9 29.00 » 10 31.20 » 11 35.71 Pér. ⊙ ess. pér. 12 36.79 Ess. per. 13 37.52 » 14 739.50	7/IV. Trombe atmosphérique à Krimadorf, près de Komotau, en Bohême, dévastant la gare du chemin de fer; la foudre, en tombant, détruit complètement les	9/IV. Très fortes averses au Riesengebirge, en Bohême, crue soudaine de l'Aupa; même jour, masses énormes de neige aux montagnes de la Carinthie. Une avalanche	8/IV. Explosion de grisou à Stoke-on-Trent, 7 tués et 18 blessés. 11/IV. Secousses très grandes en Suisse, et au Tyrol, à Ala, après minuit.

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.		
mm Avril 15 741.27 » 16 38.30 » 17 41,44 » 18 43.59 Ess. p 19 749.06	fils et les appareils télégraphiques. Un bois, près de la gare, est bouleversé et les arbres sont déracinés et tordus. 7 - 8/IV. Premier orage en Bohême, gros grêlons.	a renversé, à Biulfstind, en Islande, 15 maisons étaient entraînées à la mer. Inondations extraordinaires en Afghanistan.		

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

7 Avril — Ciel couvert ; le matin, des éclaircies.
» » 11 h. 30 m. — Zones grisâtres, de 2 diam. ⊙.
8 au 9 — Ciel couvert, brume, pluie et bourrasques.
10 » 2 30 — Ni halo ni zones d'absorption.
11 » 8 25 — État très inactinique, halo.
12 au 15 — Ciel couvert.
16 » 2 30 — Halos faibles.
17 au 18 — Ciel couvert.
19 » 12 15 — État inactinique, zones d'absorption énormes de 4 à 5 diam. ⊙, rougeâtres; les images du disque solaire étaient rouges.

X. — *Période du 24 Avril 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.	Éruptions volcaniques.
mm Avril 20 749.19 Ess. pér. 21 46.57 » 22 43.85 » 23 37.58 Pér. ⊙ 24 38.63 » 25 38.90 » 26 38.63 » 27 38.11 » 28 38.29 Ess. pér. 29 34.56 » 30 743.59	21/IV. Trombe atmosphérique sur le fleuve Médicine, au Kansas, où elle dévaste Médicine-Lodge et les villages environnants; le même jour, au Texas, beaucoup de bétail périt. 23/IV. Orage furieux et coup de foudre à Pribram, en Bohême, et à Prague, Bregenz et dans les Alpes autrichiennes en général. 24/IV. Un orage épouvantable éclatait à Konigsberg et à Kuttenberg, en Bohême. 28/IV. Un siroco très fort dans l'Adriatique. 30/IV. En Allemagne, en Hongrie et en Galicie, nombreux orages.	24/IV. Averses torrentielles en Hongrie; inondation de la Raab, dommages de 800,000 francs. 24/IV. Grêle énorme sur l'Atlantique.	23/IV. Éboulement du terrain sur le chemin de fer de Pilsen-Dux; 2 secousses très fortes à Gonevic, près de Cilli. 25/IV. Tremblement de terre à Pola et en Bosnie, avec bruit souterrain. 30/IV. Secousses violentes à Eisenstein et à Rosenberg, en Bohême, dans l'Autriche inférieure et supérieure, etc., à Salzbourg et en Styrie, causant des dégâts évalués à plus de 300.000 francs ; le village de Derx-Sikuh, près de Derbent, au bord de la mer Caspienne, est tout à fait détruit.	23/IV. Bruit souterrain à Boltana, près d'Huesca, en Espagne, formation d'une crevasse de 70 mètres de longueur et 20 mètres de largeur. 25/IV. Éruption soudaine de l'Etna, bruit souterrain en Catanie.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

20 Avril 2 h. 30 m. — État inactinique, le disque du soleil rouge, zones d'absorption énormes, grises et elliptiques.
21 » 11 40 — Zones très blanches, circulaires, énormes, de 4 à 5 diam. ⊙, halo fort.
22 » 1 30 — Chaleur (26° C.), zones énormes, blanchâtres.

23 Avril	1	10	État très inactinique, chaleur 20° C., zones d'absorption mal définies, images rouges du soleil; le soir, premier orage avec averses.
24 »	3	40	Zones très blanches jusqu'à 4 diam. $\odot$, de forme conique et elliptique, de 2 1/2 diam. $\odot$.
25-26			Chaleur énorme, 26° C., brume, état très inactinique.
27 »			Chaleur, 27° C., brume, état très inactinique.
28 »	2	5	Chaleur, zones d'absorption en forme de langues, 2-3 diam. $\odot$, images du soleil blanchâtres.
29 »	2	45	Chaleur, 24° C. zones de 1 1/4 à 1 1/2 diam. $\odot$, images du disque blanchâtres, halo foncé.
30 »	2	50	Bourrasques, zones blanches et rougeâtres, 1 1/2 diam. $\odot$.

XI. — *Période du 6 mai 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.	Éruptions volcaniques.
mm Mai 1er 735.77 » 2 37.30 Ess. p. 3 37.09 » 4 33.36 » 5 30.21 » 6 34.28 Pér. $\odot$ 7 33.68 » 8 40.61 » 9 44.09 » 10 44.20 » 11 40.41 » 12 44.35 » 13 42.50 » 14 33.51 » 15 733.00	5/V. Orages dans toute l'Allemagne et au Vorarlberg. 6/V. Grands orages en Suisse. 7/V. Vent très fort et bourrasques à Prague. 9/V. Orages violents à Klagenfourt et à Budapest, grêlons gros comme des noix. 10/V. Orage de grêle et ondée à Beroun, en Bohême. 11/V. Orage violent à Trieste, avec grêle, couche de neige de 25 centimètres couvrant les champs. 9 à 16/V. Dépression énorme de température en Bohême; aux montagnes — 3°6 C.	5/V. Avalanches énormes à Wan, descendant de l'Ala-Dagh, près du lac de Wan, 78 victimes. 6/V. Orage à Birmingham couvrant le sol de 15 centimètres de neige; même jour, en Écosse. 5/V. Grandes averses en Hongrie, masses de neige en Galicie. 11/V. Ondée et énormes grêlons à Angern, en Autriche; grands dommages aux champs et aux jardins.	3/V. Secousses violentes à Kinderberg; en Autriche, à Mürz-Zuschlag, bruit sourd, beaucoup de dommages.	3/V. Deux cratères font soudainement couler deux grands torrents de lave vers Torre-Greco et Pompéi. Éruption du Smeroë et du Cracatoa, à Java, nombre de victimes, grands dommages matériels.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

1er au 2 Mai.			Ciel couvert, pluie.
3 »	4 h.	» m.	Éclaircie, zones blanchâtres de 3 diam. $\odot$, halo.
4 »	1	40	Zones blanchâtres de 3 diam. $\odot$, halo faible.
5 »			Ciel couvert.
6 »	3	35	Bourrasques, halo foncé, couronne.
7 »	2	5	Couronne, bourrasque.
8 »			Ciel couvert, pluie.
9 »			Belle couronne, halo faible à 10 heures.
10 »			Zones d'absorption jusqu'à 5 diam. $\odot$, déchirées et irrégulières à 10 h. 15 m.
11 au 15			Ciel couvert et gelée blanche; 15 au 16, tempête.
16 »	12	15	Zones grisâtres de 2 à 3 diam. $\odot$, les disques rouges, tempête.

XII. — *Période du 19 Mai 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.	Éruptions volcaniques.
mm Mai 16 738.70 » 17 42.00 Ess. p. 18 39.88	15/V. Orage violent à Vienne, plusieurs personnes	15/V. Masses énormes de neige dans la Suisse orientale,	15/V. Éboulement du terrain à Ischl, 5 maisons détruites.	19/V. Éruption assez forte du Vésuve, du côté de Pompéi.

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.	Eruptions volcaniques.
mm Mai 19 742.70 Pér. ⊙ 20 41.83 » 21 35.95 » 22 39.60 » 23 39.90 » 24 44.00 » 25 46.94 » 26 744.42	tuées, une maison renversée; en Moravie, grands dommages aux champs et jardins. Tempête à Marseille pendant 36 heures; en France, en Suisse et au Tyrol, à Munich, 3 centimètres de neige. Cyclones et trombes atmosphériques à Nebraska et Kansas, 46 tués ou blessés; ouragan aux montagnes du Böhmerwald. 16/V. Ouragan au Riesengebirge, en Bohême, 5,000 mètres cubes de bois déracinés. 17/V. Tempête sur le Plattensee, en Hongrie. 18/V. Orages violents en Allemagne et à Constantinople; ouragan dans l'Italie supérieure, accompagné d'averses et de grêle. 19/V. Destruction des bois par l'ouragan et la neige en Moravie; bora à Trieste; orage de grêle à Vienne. 22/V. Ouragan à Messine. 23/V. Tempête effroyable sur le lac de Gmunden; court orage à Prague et ouragan à Saint-Pétersbourg.	causant des dommages considérables. 18/V. Crues de la March et l'Olsova, en Moravie, les digues détruites et les champs inondés. 19/V. Inondations dans l'Italie supérieure; disparition des eaux thermales de Pfäffers et de Ragatz. 20/V. Halo solaire resplendissant à Falgendorf, en Bohême, pluies torrentielles en Hongrie, à Budapest, 22 millimètres; et en Galicie, à Krakau, 41 millimètres.	18/V. Éboulement continu sur les flancs du mont Baldo. 20/V. Secousses violentes à Langewand, au Mürzthal, à 9 h. 24 m. 23/V. Tremblement de terre, durée 2 secondes, à Kindberg, en Styrie; à Décs et Banfy-Hunyad, en Transylvanie, très violent, durée 3-4 secondes. 26/V. Très fortes secousses à Smyrne, à 7 heures du soir.	19/V. Éruption du Smeroë, près de Malang, à Java.

XIII. — *Période du 31 Mai 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Mai 27 746.40 » 28 47.60 » 29 46.38 » 30 44.74 » 31 42.96 Juin 1er 45.00 Pér. ⊙ 2 47.76 3 49.42 4 47.43 5 45.65 s. p. 6 44.41 7 44.29 3 39.77 9 738.15	29/V. Trombe atmosphérique à Prague, déracinant des arbres à l'Ilot Petite-Venise. Tempête et naufrages dans la Méditerranée. 30/V. Orages très fréquents en Bohême, causant de grands dégâts par les coups de foudre; même jour, en Autriche.	2/VI. Masses énormes de grêlons, gros comme des œufs de pigeon, tombant à Fehring, en Styrie. 7/VI. Pluie torrentielle et coups de foudre répétés; inondation dans les environs de Trautenau, en Bohême.	27/V. Secousses terribles dans la Transylvanie, durée 6 secondes. Même jour, à Smyrne. 31/V. Secousses très fortes à Landsberg, en Styrie, à 9 h. 33 m. du matin. 31 V. Grand désastre: en Cachemire, 3,081 personnes et 33,000 têtes

Orages et tempêtes.		Tremblements de terre.
1er/VI. Bora furieux dans l'Adriatique ; orage et grêle en Transylvanie ; pluie de 66 millimètres. Grands orages en Styrie. 3/VI. Typhon occasionnant des dégâts évalués à plus de 2 millions, à Aden ; beaucoup de naufrages dans le canal de Suez et la mer Rouge. 4/VI. Orages et tempêtes aux Indes, à Hyderabad, plusieurs officiers tués par la foudre. 6/VI. Une trombe d'eau effroyable, à Lagos, au Mexique, noie 200 personnes dans les rues ; le même jour, à Puébla, Curanta et Guarajato.		de bétail tuées et 70,000 maisons détruites par des secousses épouvantables.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Mai	28	12 h.	» m.	Zones d'absorption énormes, en forme de langues, 5 diam. ☉.
»	29	11	45	Zones encore plus grandes, de 8 diam. ☉, avec des stries rayonnantes blanches.
»	30	10	5	Zones arrondies, 2-3 diam. ☉, couronne fort visible, et stries rayonnantes.
»	31	9	48	Zones blanchâtres de 2 1/4 diam. ☉, les disques du soleil rougeâtres ; chaleur, 26° C.
Juin	1er au 2			Grande dépression de température, ciel couvert, bourrasques et pluie.
»	3	3	30	Zones elliptiques, spiraloïdes, de 4-5 diam. ☉, très blanches, halo très noir.
»	4	10	»	Zones très blanches, 2-3 diam. ☉, halo faible, grandes taches solaires ; bourrasques.
»	5	11	40	Zones oblongues, de 5 diam. ☉, halo noir, couronne, chaleur, ciel sans nuages.
»	6	8	40	Zones grisâtres, de 4 diam. ☉, halo solaire, brun, rougeâtre, très visible, chaleur.
»	7	10	15	Zones grisâtres, de 4 diam. ☉. Grand halo rougeâtre, très visible, chaleur, ciel brumeux.
»	8	2	30	Zones blanches, elliptiques, de 2 diam. ☉.
»	9	3	55	Zones circulaires, très blanches, de 2 diam. ☉, très nettes, chaleur étouffante le soir ; à 8 h. 15 m., grand orage, mais de courte durée.

XIV. — *Période du 18 Juin 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Juin 10 743.18 » 11 47.64 » 12 49.98 » 13 749.31	9/VI. Orages en Allemagne et en Autriche ; à Engelhaus, près de Carls-	11/VI. — Ondée énorme en Bavière et dans le comté de Glatz.	11/VI. Secousses effroyables en Cachemire, 400 personnes périrent.

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Pér. ⊙ 14 746.26 » 15 40.48 » 16 42.59 » 17 38.18 » 18 37.85 » 19 42.81 Ess. p. 20 36.94 » 21 737.07	bad, dix maisons brûlées par la foudre. 11/VI. Ouragan dans la mer Noire, naufrages. 12/VI. Tempête sur l'Adriatique et en Bohême. 14/VI. Tornado du 14 au 15 à Iowa. Nebraska, Indiana, Kansas, Ohio et Illinois. Beaucoup de victimes, dégâts considérables. 15/VI. Chaleur étouffante, de 25 à 27° C., en Bohême. 17/VI. Orage très violent, nombreux coups de foudre en Bohême; ouragan à Trieste de 6 à 7 heures du soir, beaucoup de naufrages. Même jour, en Allemagne.	21/VI. Orages et neige en masse aux Alpes autrichiennes.	12/VI. Tremblement de terre violent au Caucase, la ville de Sikuch, près de Derbent, a disparu tout à fait et des abîmes se forment dans les environs; les dommages sont évalués à plusieurs millions. Même jour, écroulement du tunnel sous le Tennesseo, à Cincinnati, en Amérique. 17/VI. Destruction de la ville de Baramula, en Cachemire, 2,000 personnes périrent. 20/VI. Forte secousse à Berne, à 5 h. 17 du matin.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

Juin 10	12 h.	» m.	Couronne solaire et halo noir ; le grand halo, rougeâtre, fort visible.
» 11	3	40	Zones d'absorption énormes, blanches, de 4 à 6 diam. ⊙ peu nettes, halo noir.
» 12	11	»	Zones de 2 diam. ⊙, belle couronne solaire, halo très foncé.
» 13	9	45	Grand groupe de taches solaires, 8 taches simples, belle couronne solaire, halo très foncé, zones d'absorption coniques, irrégulières, de 3 diam. ⊙. Grande éruption solaire en cascade, près de la grande tache du soleil, de 1 minute de hauteur, observé au télescope de 8 pouces d'ouverture à 11 h. 15 m.
» 14	9	50	Belle couronne solaire, protubérance d'une hauteur extraordinaire, zones d'absorption blanchâtres, de 4 à 5 diam. ⊙, coniques.
» 15	1	45	Zones blanchâtres, coniques, de 5 diam. ⊙, halo très foncé. Chaleur étouffante, 30° C., trombe atmosphérique et court orage à Praguo, de 8 à 9 heures du soir.
» 16	1	45	Zones déchirées, très blanches, irrégulières, de 3 diam. ⊙.
» 17	3	10	Pluie. belle couronne solaire, zones grises, 4 diam. ⊙, halo très faible.
» 18			Ciel couvert, pluie, très court orage à 2 heures de l'après-midi.
» 19	2	5	Zones grises, couronne solaire.
» 20	8	30	Zones blanchâtres, de 5 diam. ⊙. halo faible, couronne de dimensions exceptionnelles.
» 21			Ciel couvert.

XV. — *Periode du 25 Juin 1885.*

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
mm Juin 22 744.36 » 23 49.20 » 24 46.40 » 25 742.01	24/VI. Dépression barométrique énorme en Islande. 25/VI. Ouragan	22/VI. Ondées aux Alpes autrichiennes. 26/VI. Beaucoup	22/VI. Secousses avec bruit souterrain à Markusfalva, en Hongrie.

Pression barométrique minima à Prague.	Orages et tempêtes.	Pluies et crues des eaux.	Tremblements de terre.
Pér. ⊙ 26 mm 741.70 et ess. 27 43.47 périod. 28 40.21 » 29 37.56 » 30 736.84	au Pérou ; orage et trombe atmosphérique à Prague, à 6 heures du soir ; orages effroyables en Istrie et en Carinthie ; ouragan en Galicie ; chaleur accablante, 30° C., à Prague. 27/VI. Orages effroyables en Bohême, nombreux incendies occasionnant la mort de plusieurs personnes. 28/VI. Orage à Paris. 29/VI. Grande chaleur, de 33° C., à Prague.	de pluies en Transylvanie et grêlons énormes ; destruction de tous les chemins de fer en Roumanie, même en Hongrie. Ondée en Galicie ; le chemin de fer du Nord autrichien détruit en plusieurs endroits. Pluie de 78 millimètres à Hermanstadt, en Transylvanie ; à Budapest, 28 millimètres. 28/VI. Ondée à Paris. 30/VI. Ondées battantes à Linz, Budapest et Berlin ; grands dommages.	21/VI. Tremblement de terre en plusieurs endroits en Suisse. 26/VI. Explosion de grisou à Duderweiler, 27 mineurs tués.

HÉLIOPHOTOGRAPHIES.

		h.	m.	
Juin	16 à	1	45	Zones déchirées, très blanches, irrégulières de 3 diam. ⊙.
»	17	3	10	Belle couronne, zones grises de 4 diam. ⊙, halo très faible ; 18/VI. Ciel couvert, pluie, orage.
»	19	2	5	Couronne, zones gris foncé.
»	20	8	30	Zones blanchâtres de 5 diam. ⊙, halo faible, couronnes de dimensions exceptionnelles ; 21/VI, couvert.
»	22	9	45	Belle couronne et zones coniques, blanches, de 4-5 diam. ⊙, halo très fort.
»	23	1	45	Zones faibles, couronne, bourrasques, grandes taches solaires.
»	24	2	30	Zones en queues de comète, de 4 diam. ⊙, couronne faible, halo.
»	25	3	»	Zones très nettes, très blanches, elliptiques, en forme de queues de comète, de 4 diam ⊙, couronne ; à Prague, à 6 h. 30 m., trombe atmosphérique, orage et averse.
»	26	2	30	Zones déchirées, blanchâtres, elliptiques, de 2 diam. ⊙, halo faible, chaleur étouffante, 33° C., orage épouvantable de 10 h. 30 du matin jusqu'après minuit.
»	27	9	30	Zones énormes, grisâtres, de 3 à 8 diam. ⊙.
»	»	10	45	Zones grises, elliptiques, de 5 diam. ⊙, couronne moitié visible, orage d'une violence extraordinaire ; lavasse et grêle dans toute la Bohême, en Autriche, en Allemagne et jusqu'en Transylvanie et Roumanie.
»	28	1	12	Zones blanc de neige, très nettes, circulaires, de 2 diam. ⊙ ; court orage, mais violent à Prague.
»	29	10	5	Zones très nettes et blanches, circulaires, halo en forme de croissant de 4° et demi, bourrasques ; orage à 5 heures du matin à Prague.
»	30	9	10	Couronne, zones d'absorption de 4 diam. ⊙, halo faible ; à 9 heures du soir, éclairs ; à 10 h. 50, orage effroyable et plusieurs coups de foudre à Prague, averses répétées jusqu'au matin du 1er juillet 1885.

M. H. VIGUIER

Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DES LUEURS CRÉPUSCULAIRES ET DES MÉTÉORES LUMINEUX EN GÉNÉRAL A TOUTES LES ÉPOQUES

— *Séance du 17 août 1885* —

A la suite des beaux crépuscules de 1883, on put rester convaincu du retard de l'observation à ce sujet, et reconnaître combien la science, malgré ses récents progrès, se trouvait peu préparée pour l'explication de ces phénomènes. Après le bruit qui se fit à cette occasion, et avec le calme qui lui a succédé, au moins chez le vulgaire, il n'est pas inutile de rappeler d'abord qu'on a pu depuis en signaler bien d'autres tout aussi remarquables, et qu'il en fut probablement de même à toutes les époques, à part peut-être la persistance et la généralité. S'il importe de constater directement ce fait, il n'est pas moins dans l'intérêt de l'histoire générale, embrassant celle du progrès de l'esprit humain lui-même, de démêler, parmi tous les météores lumineux ou ignés mentionnés par les philosophes ou les chroniqueurs, ceux qu'il faut nécessairement rattacher à des phénomènes crépusculaires. Pour avoir, en effet, négligé ces considérations, des exagérations, des préjugés se sont introduits dans la science, et la confusion est loin d'avoir disparu dans la discussion des pronostics ou des prodiges jadis regardés comme des manifestations de la colère céleste. On se rend compte, du reste, des difficultés de toute nature que doivent rencontrer les historiens ou les savants lorsqu'on reconnaît que les chroniqueurs, généralement fort prolixes sur leur signification, comme présages d'une grande bataille ou de quelque autre événement considérable, se montrent fort peu soucieux d'en fournir une description exacte.

C'est surtout au sujet des aurores boréales que la confusion devait être inévitable, alors même que les types principaux n'en fussent pas restés ignorés dans l'antiquité. Mais il fallait arriver encore à pouvoir rapporter à des causes différentes les phénomènes qui, à des titres divers, rappelaient les lueurs de quelque vaste incendie ou, même, un embrasement général du ciel. Jusqu'au dernier siècle, en effet, les météores lumineux ou ignés restèrent compris dans une vaste classe embrassant alors un même ensemble de phénomènes plus ou moins accentués, plus ou moins complets. Il y avait des aurores boréales tranquilles, horizontales ou verticales, orientales ou occidentales, les unes et les autres pouvant être irrégulières,

informes ou indécises. . . . Nous ne nous étonnons plus alors de voir d'habiles physiciens, comme Musschenbroek, mentionner 750 aurores boréales qu'il a vues pendant 29 ans d'observation seulement. On songe naturellement alors aux lueurs crépusculaires. Du reste, vers la même époque, Mairan, de l'Académie de Béziers, et plus tard président de celle de Paris, en réduisait beaucoup le nombre, *par l'examen sévère qu'il avait cru devoir apporter aux circonstances qui les caractérisent dans les auteurs pas toujours au courant de cette matière.* Notre compatriote ne paraît donc pas mériter complètement le reproche qu'on lui a fait de ne voir que des aurores boréales dans les récits des anciens chroniqueurs (1). Il signale, en particulier, une reprise qui eut lieu de 1707 à 1710, après une interruption de 20 ans. Aucune observation bien marquée d'aurore boréale n'est à citer de 1621 à 1686, et on sait, ajoute-t-il, que les astronomes et les observateurs ne faisaient point défaut à cette époque. On mentionne aussi une interruption de 200 ans, entre le XII[e] et le XIV[e] siècle. Enfin, Gassendi fut témoin d'autres qui suivirent, et celles de 20 et de 60 ans paraissent incontestables par le nombre, le savoir et l'assiduité des observateurs (2).

Quoi qu'il en soit de l'incertitude qui existe naturellement sur les rapprochements que nous venons de reproduire, il suffit de constater qu'ils répondent largement à notre objet. L'histoire cependant devient encore plus explicite, qu'il s'agisse d'aurores boréales ou de crépuscules, et tend alors à mieux s'accorder avec la science et l'observation de notre époque. C'est surtout dans les premiers de ces météores que l'on a vu figurées dans le ciel toutes les vicissitudes de la fortune auxquelles un pays peut être exposé : ce sont alors des armées qui ont paru se choquer de part et d'autre de l'orient et de l'occident; on mentionnera même le bruit des armes et le son des trompettes. Isidore de Séville nous dira, par exemple, que, vers l'an 420, avant qu'Attila pénétrât dans les Gaules, le septentrion parut tout en feu et changé en sang, avec un mélange de traits ou rayons plus clairs qui traversaient la portion rouge en forme de lances. La couronne et la coupole mentionnées par Grégoire de Tours peuvent nous rappeler la belle aurore tranquille que nous vîmes, pendant toute une nuit, recouvrir le massif de l'Aigoual d'un dôme immense dont les colonnes légères, alternativement blanches et rosées, allaient se réunir vers le zénith, pour ne s'éteindre que lentement, noyées dans la lumière du soleil. Les élancements ou rayons de celles de 1870, que de Montpellier nous observâmes vers la même région, nous reportent à l'époque où Lycosthène, Cornelius Gemma décrivaient les signes terribles qu'on voyait dans le ciel du côté du septentrion: des torches ardentes, des lances.... et comme un sang

(1) Voir Ed. Roche, sur les météores cosmiques, p. 70. Paris, 1870.
(2) Mairan, *Traité physique et historique des aurores boréales.* — Richard, *Traité des météores.*

humain d'un rouge vif.... Mais si les historiens, les philosophes de l'antiquité adoptent parfois le langage de leurs contemporains, ils sont loin d'en accepter tous les préjugés. Au sujet des lueurs rouges, par exemple, Pline nous dit *qu'il n'y a rien d'extraordinaire à voir ainsi le ciel tout en feu, que c'est arrivé plusieurs fois.*

Sénèque, faisant le dénombrement des feux célestes, écrit: *les uns ressemblent à une fosse creusée circulairement, comme l'entrée d'une caverne; les autres, semblables à une immense tonne remplie de feu, demeurent quelquefois à la même place, et quelquefois sont portés çà et là. On voit aussi des gouffres, lorsque le ciel, entr'ouvert, semble vomir des flammes.* Tout cela semble bien se rapporter au segment obscur des aurores boréales, décrit par Aristote, et aux effluves lumineuses et changeantes qui s'en échappent (1). *Ces feux,* continue-t-il, *brillent de différentes couleurs; les uns sont d'un rouge très vif, les autres ressemblent à une flamme légère qui va s'éteindre, la lumière de ceux-ci est blanche et étincelante, celle de quelques autres tire sur le jaune, et demeure tranquille sans aucune émission de rayons.* Nous reconnaissons ici les caractères généraux des crépuscules. Continuant, en effet, sa description, en rappelant tous ces noms que les Grecs donnaient à ces *lueurs* ou *lumières nocturnes* dont parle ce philosophe: *il est douteux,* ajoute-t-il, *qu'il faille ranger dans cette classe les Poutres et les Tonnes*, dont l'apparition est fort rare.... Mais on peut mettre de leur nombre ce ciel en feu (cœlum ardere visum) dont les historiens font si souvent mention; et dont il résulte quelquefois une lumière si élevée, qu'elle se confond avec celle des astres, quelquefois si basse et si près de l'horizon, qu'on la prendrait pour l'effet d'un incendie lointain. Il s'agit ici de faits et non de doctrine, comme dans ce qui suit. Il y a donc lieu de s'étonner que Mairan, qui les cite, de même que les autres savants ou commentateurs, n'en ait pas tenu un plus grand compte.

En somme, la confusion était donc loin d'être complète chez les anciens philosophes. Il n'est pas rare d'ailleurs de trouver dans leurs récits des indications de crépuscules remarquables. Ce dernier, par exemple, nous montre les cohortes de Tibère volant au secours d'Ostie, où l'on voit apparaître des lueurs figurant un immense incendie. Il semble bien que c'est d'un crépuscule qu'il s'agit, puisque, à part l'absence de toute autre indication, cette colonie se trouvait au sud-ouest de Rome. La même remarque s'applique au mont Alban vu tout en feu pendant la nuit, et paraît bien se rapporter aussi à un fait signalé par Dion Cassius (2). On lit dans la *Chronique scandaleuse* de Louis XI que des lueurs sinistres firent croire

(1) L'effet est alors prodigieux lorsque, par accident sans doute, quelque autre météore, étoile filante ou bolide, concourt par sa direction et son éclat à celui des rayons de cette *gloire* immense (*Assoc. scient.*, 1870).

(2) « Severo imperante ignis in aere, que parte spectat ad septentrionem, est visus, ut ali totam urbem conflagrare, alii cœlum ipsum ardere existimarent. »

que l'ennemi incendiait la ville qu'il abandonnait. De même, l'alarme de la garnison de Copenhague, dans des circonstances analogues, rappelle celles des cohortes de Tibère.

Sans multiplier le nombre de citations, arrivons à quelques faits plus vulgaires. Quelques auteurs, Richard, entre autres, citent de ces lueurs qui, chez nos paysans, ont pu parfois aussi produire des illusions analogues à celles que nous venons de rappeler. N'ont-ils pas d'ailleurs établi sur ces apparences des pronostics rappelant ceux des anciens? Il est bien rare de ne pas avoir été témoin de pareils phénomènes; pour notre compte nous en aurions de nombreux à signaler. Nous citerons seulement la description prise sur nature que nous donne un touriste des plus recommandables par son talent d'observation, et cela d'autant plus volontiers qu'elle nous rappelle le rôle que nous avons fait jouer à la vapeur d'eau dans les phénomènes crépusculaires (1). « Quoi qu'il fasse le plus beau temps du monde, dit Topfer dans ses *Voyages en zigzag*, une sorte de brume, qui ne nous quittera guère qu'après Venise, ternit, durant le milieu du jour, le pur éclat du ciel, et répand sur les lointains une teinte blafarde. Mais, au coucher du soleil, cette brume s'embrase, la grise vapeur se change en pourpre éclatante; cimes, côteaux, clochers, tout resplendit pendant quelques instants pour s'éteindre bientôt dans le pâle et clair crépuscule.... » Ailleurs encore: « Nous sommes témoins ici d'un phénomène rare et intéressant: c'est un arc-en-ciel d'une extraordinaire largeur, qui, indépendamment de toute pluie visible, et par une soirée parfaitement sereine, s'étend comme une gaze immense devant les gorges et les cimes de l'Oberalp, elles-mêmes toutes resplendissantes aux rayons du couchant, de pourpre et d'azur. Apparemment, quelques fines vapeurs, qui montent ou descendent à cette heure, produisent ce spectacle, dont aucun pinceau ne saurait rendre l'incomparable splendeur. A mesure que nous cheminons la gaze se dissipe, laissant à découvert des montagnes d'instant en instant plus embrasées à leur sommet, et plus blanchâtres et pâlissantes à leur base. »

Il semble donc que les observations n'ont pas fait défaut pour pouvoir se prononcer sur la marche générale des phénomènes, et qu'il eût été possible de diminuer la confusion si une étude plus attentive eût permis d'avoir égard à leur durée, à l'heure de leur apparition, enfin à toutes les circonstances qu'il est possible de signaler, même sans le secours de la science actuelle. Nous avons cherché à décrire l'ordre, la variété des couleurs qui se manifestent dans les crépuscules (2). Celle-ci est moins grande dans les aurores boréales, mais dans tous les cas il est de toute importance dans les discussions de pouvoir se rendre compte de la région

(1) Voir les Bulletins de la Société de géographie languedocienne, 1885.
(2) Article cité.

où ces divers météores doivent se manifester. Il ne suffit pas, par exemple, de signaler vers le nord ou plus ou moins déclinant vers l'orient ou le couchant, une lumière rouge pour se prononcer sur l'apparition d'une aurore boréale. A défaut de données scientifiques, la marche des crépuscules dans l'intervalle des deux solstices peut fournir des données en parfait accord avec celle que l'on déduit de l'observation des phénomènes journaliers dans toutes les régions. Nous avons parlé de cette vaste zone solaire blanchâtre qui suit l'astre dans sa révolution diurne. C'est dans son intérieur, avons-nous dit, que se produisent les nombreux phénomènes d'optique mentionnés dans notre article. Tout cela n'avait pas échappé à d'anciens observateurs, à Kepler lorsqu'il assurait qu'une matière lumineuse, répandue autour du soleil, s'élevait à l'horizon en forme de cercle et produisait le crépuscule. C'est, en effet, dans cette zone que s'accomplissent les phases diverses de l'ovale rose des crépuscules *normaux*, en relation parfois bien évidente avec les crépuscules *accidentels* qui apparaissent avec des couleurs si variées dans l'ensemble des nuages. Les dimensions les plus apparentes de cette zone, bien sensibles à tous les moments du jour, rappellent celles des halos ordinaires, dont la limite est cependant mieux définie, et la teinte intérieure du cercle qu'elle embrasse plus homogène et même moins éblouissante, du moins pour ceux que nous avons récemment observés. A l'horizon, cependant, il n'est pas rare de voir la zone solaire, complètement transformée, bien définie et illuminée d'une lueur rouge dans tout son ensemble. C'est elle qui se transporte avec le soleil d'un solstice à l'autre, de manière à produire vers le solstice d'été, pour le mont Aigoual, placé à peu près à la limite nord de notre région, les apparences que nous avons décrites pour le Canigou aux environs du solstice d'hiver.

La physionomie des crépuscules que j'ai appelés normaux, parce qu'ils se manifestent, par un ciel pur, avec des phases régulières plus ou moins prononcées et en relation directe avec la distance du soleil à l'horizon, se rattache donc aux considérations qui précèdent; et il en est de même de leur durée générale, dont la moyenne est nécessairement fournie avec quelque incertitude par les astronomes. Nous bornant, en ce moment, à l'indication de la marche ordinaire de ces phénomènes, mentionnons d'abord les lueurs splendides d'un véritable embrasement que nous avons observées cette année, vers l'équinoxe d'été, sur notre littoral entre la mer et les Cévennes, et dans le comtat Venaissin, à travers la ligne vaporeuse qui signale au loin le cours du Rhône. C'est alors de part et d'autre du couchant, du Canigou jusqu'au mont Aigoual, que se développaient des crépuscules en tout comparables à ceux de 1883, et que, du sommet du Ventoux jusqu'à sa base, ont pu successivement apparaître les teintes rosées dont parle Topfer; il n'y avait pas, en ce moment, à les confondre

avec la teinte rose des Alpes. C'est vers le solstice que peuvent parfois se prononcer jusqu'au nord des couleurs rouges de feu capables alors de provoquer leur confusion avec celles des aurores polaires, si on n'avait égard qu'à ces caractères. Je n'en citerai, pour preuve, que les lueurs qui, le 29 août et le 1er septembre derniers, ont pu figurer pour les habitants de notre littoral de belles aurores boréales tranquilles, inclinant vers l'orient. La marche ordinaire des crépuscules *normaux* dans les soirées précédentes, leur liaison avec les crépuscules accidentels que, ces jours-là, les vapeurs et les nuages provoquaient sur la ligne des Cévennes, depuis le Canigou jusqu'au mont Lozère, suffisaient pour nous rendre compte de phénomènes lumineux dont les relations avec la position du soleil et avec l'état de l'atmosphère ne pouvaient être mises en doute: à part l'absence de tous les autres caractères essentiels à une aurore polaire. A cette saison de l'année, les lueurs crépusculaires ont marché vers le nord avec la zone solaire arrivée à sa plus grande déclinaison. Elle peut alors s'étendre à l'est de manière à ne pas nous laisser dans nos climats de nuit tout à fait obscure. Sur les cimes élevées surtout, l'on peut voir la lumière de l'aurore succéder presque immédiatement au crépuscule du soir, et parfois, même la lumière de l'une des bandes de l'horizon s'effacer tandis que s'accroît rapidement celle de la bande opposée.

Quelles que soient les difficultés que l'on rencontre dans l'examen des phénomènes crépusculaires, il semble donc que leur intervention a bien souvent fait défaut dans les discussions qu'on a encore entreprises de nos jours au sujet de phénomènes lumineux capables d'agir sur les esprits et de stimuler le zèle des savants. Enfin, la confusion était autrement grande avant que Gassendi signalât d'une manière spéciale les aurores polaires à l'attention de ces derniers. Il fallut cependant se résigner à restreindre le rôle des fermentations, des matières huileuses, bitumineuses, sulfureuses, nitreuses auxquelles on rapportait généralement les météores lumineux ou ignés. L'introduction de la lumière zodiacale par Mairan est loin de suffire pour l'explication de ces aurores boréales *déclinant vers l'orient ou l'occident*, pas plus que celle des comètes avec leur vaste nébulosité. Les averses d'étoiles filantes, l'apparition de bolides étant encore bien insuffisantes pour faire accorder les savants modernes avec les chroniqueurs, tout en restant généralement en désaccord avec l'apparition des aurores boréales ou des crépuscules.

Puisqu'il ne s'agit ici que de météores lumineux, de leur apparition ou tout au moins de leur exaltation aux diverses époques, nous n'avons pas à mentionner les prodiges marqués par des obscurcissements du ciel ou du soleil, et enfin par des offuscations. Ces dernières sont généralement rattachées à des phénomènes volcaniques ou cosmiques; et la science a d'ailleurs fait justice des éclipses totales de soleil auxquelles, pour les

besoins d'une mauvaise cause, il fallait assurer une durée incompatible avec les lois du phénomène, alors même qu'il fallait se décider à n'admettre aucune erreur sur les dates de leur production.

En résumé, la science moderne n'a pu faire disparaître la confusion qu'on a rencontrée de tout temps dans la discussion des phénomènes lumineux; de ceux, surtout, qui aux diverses époques furent mêlés à des événements historiques importants. Les impossibilités, les contradictions même n'ont pas manqué lorsqu'elle a appelé à son aide les connaissances positives qu'elle possède maintenant sur l'ensemble des météores terrestres ou cosmiques. Tout cela, sans doute, est dû en partie à l'insuffisance des descriptions qui nous ont été transmises; mais il faut bien reconnaître aussi que c'est souvent faute de n'avoir pas fait entrer en ligne de compte des phénomènes crépusculaires de la nature de ceux qui, dans ces derniers temps, ont attiré l'attention des savants et du vulgaire. Malgré, en effet, ce qu'ont pu dire jusqu'ici quelques savants modernes et les poètes, les peintres, les historiens, les agriculteurs de toutes les époques, ils sont restés perdus dans l'ensemble des phénomènes naturels qui nous sont les plus familiers, jusqu'à ce qu'enfin ils ont dû être classés parmi ceux qui méritent, au plus haut degré, de fixer l'attention des astronomes et des physiciens.

M. LAURIOL

Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Thonon.

SUR LES OSCILLATIONS RYTHMÉES DU LAC LÉMAN

— *Séance du 19 août 1885* —

Il se produit de temps à autre sur le lac Léman des oscillations rythmées, appelées seiches dans le pays, et dont les lois ne sont pas encore bien déterminées. La question a été étudiée par M. Forel, de Morges, qui a présenté à diverses reprises d'intéressantes études. Les observations que nous présentons à notre tour sont fort incomplètes; néanmoins, elles pourront être de quelque utilité dans l'étude de la question. D'autres personnes, placées dans de meilleures conditions, pourront sans doute obtenir des résultats plus complets.

ENREGISTREURS DE NIVEAU.

Les seiches ont été observées au moyen d'enregistreurs de niveau, peu sensibles au mouvement des vagues. L'un de ces instruments a été établi par le service des ponts et chaussées, à Thonon; l'autre, par M. Plantamour, à Genève. Il en existe un troisième à Morges, chez M. Forel, mais, par une cause accidentelle, cet instrument ne fonctionnait pas au moment où nous avons fait nos comparaisons. Les variations de niveau sont représentées en grandeur naturelle par celles des ordonnées de la courbe; les abscisses représentent les temps, à l'échelle de 6 centimètres par heure. Une variation de niveau de 1 à 2 millimètres peut quelquefois passer inaperçue, à cause de la paresse de l'appareil.

DESCRIPTION DES SEICHES.

Nous trouvons à Thonon trois systèmes principaux d'oscillations, dont les périodes sont d'environ 10, 35 et 73 minutes; les amplitudes maxima sont respectivement de 8, 2 et 4 centimètres. Les trois systèmes peuvent apparaître ensemble ou séparément. L'apparition des seiches ou l'augmentation d'amplitude est généralement brusque, tandis que la décroissance est lente; nous ne connaissons que deux exceptions bien nettes à cette loi, ce sont les seiches des 27 juillet et 11 août 1884. Les courbes sont toujours moins régulières au moment de leur apparition et de l'augmentation d'amplitude que pendant la période d'affaiblissement.

A Genève, nous trouvons les mêmes phénomènes; mais les seiches de 10 minutes y sont beaucoup plus rares; au contraire, les seiches de 73 minutes y sont excessivement fréquentes, et leur amplitude dépasse quelquefois 25 centimètres; leur forme est souvent très régulière, surtout pendant les périodes où l'amplitude est décroissante ou constante. Les seiches de 35 minutes sont moins fréquentes que ces dernières, et leur amplitude est rarement de plus de 3 centimètres.

On ne remarque aucune loi bien nette entre les irrégularités que présentent les courbes de niveau à Genève et à Thonon. Il semble qu'il n'y a là que des mouvements locaux. Faisons-en abstraction, et cherchons à nous représenter le mouvement du lac comme la résultante de trois mouvements oscillatoires ayant pour période 10, 35 et 73 minutes. En ce qui concerne les seiches de 35 minutes, nous ne voyons aucun lien bien net entre ce qui se passe à Thonon et ce qui se passe à Genève. Dans certains cas, comme les 15 et 16 décembre derniers, on trouve une concordance assez nette entre les oscillations de Thonon et de Genève. Mais il n'en est pas toujours ainsi. N'y aurait-il pas

là des systèmes d'oscillations différentes, bien qu'ayant des périodes à peu près égales, et portant l'un sur l'ensemble du lac, les autres sur telle ou telle région. Ce dernier cas ne paraît pas impossible, si l'on considère la forme du lac, divisé en deux parties bien distinctes par une ligne qui irait d'Yvoire à Nyon.

Les seiches de 10 minutes sont peu sensibles à Genève; d'après M. Forel, elles sont assez sensibles à Morges, et seraient produites par un mouvement transversal du lac. La faiblesse de ces seiches à Genève, leur importance à Morges et à Thonon, confirment cette opinion.

En ce qui concerne les oscillations de 73 minutes, une loi bien nette apparaît. A un point haut de la courbe de Genève correspond un point bas de la courbe de Thonon, et réciproquement. L'amplitude augmente ou diminue à la fois dans les deux stations, sans toutefois qu'il y ait un rapport constant entre les deux. Les seiches de Thonon sont de quatre à neuf fois moins fortes que celles de Genève. Il y a bien là un mouvement d'ensemble du lac, mouvement comportant entre Thonon et Genève un nombre impair de lignes nodales, et l'une d'elles assez proche de Thonon. La loi n'est pas toujours vérifiée nettement au moment de l'apparition ou de l'accroissement brusque des seiches; mais elle l'est généralement pendant la période de constance ou d'affaiblissement. Les exemples de seiches qui peuvent le mieux donner l'idée du phénomène sont celles des 16-17 et 24 juillet 1884, dont nous donnons le tracé, Pl. V. Nous donnons également les seiches des 27 juillet et 11 août 1884, qui présentent des particularités assez remarquables et échappent aux lois que nous venons de formuler. Le 27 juillet, une oscillation se produit brusquement, comme à l'ordinaire, mais aussi, ce qui n'arrive presque jamais, elle s'éteint brusquement, à Thonon surtout. Les deux oscillations sont à peu près concordantes, celle de Thonon est un peu en avance.

Le 11 août, les seiches apparaissent brusquement à Thonon et diminuent brusquement, mais sans s'éteindre. A Genève, l'augmentation brusque a lieu une demi-heure plus tard, et la disparition est beaucoup plus lente; les seiches de 70 minutes sont sensibles à Thonon sans l'être à Genève.

CAUSE PROBABLE DES SEICHES.

Quelle peut être la cause des seiches? Vu leur fréquence, on ne peut les attribuer aux crues subites du Rhône, aux tremblements de terre, aux manœuvres des barrages mobiles de Genève, etc. L'influence du vent ne nous paraît pas très importante. Les forts vents, lorsqu'ils ne coïncident pas avec des mouvements brusques du baromètre, n'influent pas sur l'allure des seiches. Ils produisent quelques oscillations courtes, rapides, qui viennent se superposer aux autres oscillations, s'il y en a, sans en changer

l'amplitude. Nous reconnaissons toutefois que nos observations à ce sujet sont très incomplètes, d'autant plus que nous manquons d'anémomètres enregistreurs. D'après M. Forel, le vent peut agir de deux façons: 1° directement, par sa composante verticale; 2° par sa composante horizontale; le frottement entraîne l'eau et l'accumule vers une certaine région, en produisant une dénivellation; si le vent cesse brusquement, le lac tend à reprendre son ancien état d'équilibre et se met à osciller. Dans les deux cas, il ne peut y avoir production des seiches que par suite d'une variation brusque du régime des vents. Or, il est difficile que le fait se produise sans variations brusques du baromètre. Nous sommes ramenés ainsi à l'étude de ces variations, qui, à notre avis, sont la cause principale des seiches.

A l'état statique, la surface des eaux doit avoir une forme déterminée par la distribution de la pression barométrique sur le lac. Si cette distribution change, la surface d'équilibre des eaux changera aussi. Lorsque la distribution des pressions change lentement, les eaux arrivent lentement à leur nouvelle position d'équilibre; mais, si les changements sont rapides, il n'en sera plus ainsi, et les eaux se mettront à osciller de part et d'autre de leur position d'équilibre. Pour produire des seiches, il n'est pas nécessaire que l'impulsion donnée aux eaux par l'atmosphère soit instantanée. Il suffit qu'elle soit de sens constant, pendant que le mouvement oscillatoire du lac est lui-même de sens constant, c'est-à-dire pendant la moitié de la durée d'une oscillation complète, soit 5, 18 ou 36 minutes, suivant le cas. C'est ce que nous appellerons désormais les variations brusques.

Lorsque le baromètre varie lentement, c'est-à-dire de moins d'un demi-millimètre par heure, la différence de pression entre deux points du lac est nulle, ou du moins très faible, et varie très lentement. Au contraire, quand les variations sont rapides, soit de plus d'un demi-millimètre par demi-heure, elles peuvent ne pas se produire simultanément en tous les points et occasionner ainsi les seiches.

Essayons d'évaluer la grandeur des effets ainsi obtenus. Les variations brusques de pression en un point donné sont de 3 millimètres au plus. Les variations brusques dans la différence de pression entre deux points donnés seraient donc au plus égales à ce chiffre; ce qui donnerait pour la dénivellation de l'eau entre ces deux points une variation de 40 millimètres au plus, si l'eau arrivait sans vitesse à sa nouvelle position d'équilibre. Dans quel rapport doit-elle être augmentée par la vitesse acquise de l'eau, par les variations de largeur et de profondeur du lac, c'est ce qu'il est difficile d'apprécier.

OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES.

Nous avons cherché à vérifier notre hypothèse au moyen d'observations barométriques. M. Plantamour possède à Genève un baromètre enregistreur à mercure, système Rédier. Le crayon est mû par deux mouvements d'horlogerie opposés, que déclanche le flotteur; les échelles sont de 5 millimètres pour un millimètre de mercure, et 95 millimètres par jour. A Thonon, faute de crédit, nous n'avions qu'un baromètre anéroïde, système Richard; la plume est portée par l'aiguille du baromètre, les échelles sont de 1 millimètre par millimètre de mercure et 4 centimètres par jour. L'échelle des temps est beaucoup trop petite dans les deux instruments. Quand le baromètre varie brusquement, il est impossible à un moment donné non seulement d'évaluer la différence de pression entre Thonon et Genève, mais même d'indiquer le sens de cette différence. Rien n'affirme d'ailleurs que deux instruments aussi différents que ces deux baromètres obéissent avec une égale promptitude aux influences extérieures. Tout ce que nous pouvons constater, c'est que les variations brusques se produisent à peu près en même temps et de la même façon, à Thonon et à Genève, et nous pouvons présumer qu'alors, et *seulement* alors, se produira une variation brusque de la différence de pression entre les deux villes.

COMPARAISON DES SEICHES AVEC LES OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES.

Nous observons qu'aux variations brusques de pression correspond à Thonon et à Genève l'apparition ou l'augmentation brusque des seiches, qui débutent avec leur amplitude maxima. On voit l'effet d'une impulsion unique ou d'impulsions très rapprochées. Le lac continue ensuite à osciller, comme un pendule écarté de sa position d'équilibre, et le mouvement s'éteint peu à peu par l'effet du frottement. La courbe des niveaux de l'eau, irrégulière tant qu'il se produit de nouvelles impulsions, devient plus régulière lorsqu'elles ont cessé. Réciproquement, à toute variation brusque dans l'allure des seiches correspond une variation brusque de pression.

Les tracés des 16-17 et 24 juillet 1884 donnent une idée exacte de ce phénomène. Ceux des 27 juillet et 11 août montrent que les seiches d'allure bizarre survenues ces deux jours ont également correspondu à des variations brusques du baromètre.

Nous n'avons pu établir aucune loi entre l'allure des courbes barométriques et l'apparition de tel ou tel système de seiches. C'était, du reste, impossible, étant donnés nos moyens d'observation.

Les lois que nous venons de formuler sont vraies pour des seiches et des variations barométriques atteignant au moins la moitié de celles qui

sont représentées sur les tracés que nous joignons à cette note. M. Forel estime que les variations du baromètre ne suffisent pas à expliquer les grandes seiches; les dénivellations, qui seraient de 4 centimètres au plus à l'état statique, ne pourraient atteindre, par l'effet de la vitesse acquise ou les changements de forme du lit, l'amplitude de 25 centimètres et plus, observée à Genève. Nous avouons que le fait peut paraître étonnant, mais pas impossible. En comparant les tracés d'une année, nous avons trouvé entre les deux phénomènes, et surtout pour les fortes oscillations, une correspondance telle que nous ne pouvons pas ne pas voir dans les variations barométriques la cause principale des seiches. Lorsque les phénomènes deviennent beaucoup moins importants, la loi ne se vérifie plus aussi nettement. Faut-il chercher la cause ailleurs, ou les baromètres employés par nous ne sont-ils pas assez sensibles? On ne peut encore se prononcer.

CE QUI RESTE A FAIRE.

Pour bien étudier la forme des oscillations du lac, il faudrait posséder bien plus d'enregistreurs de niveau que nous n'en avons. D'après la forme du lac, outre les limnographes de Genève, de Thonon et de Morges, il serait nécessaire d'en avoir à Yvoire, Nyon, Evian, Lausanne ou Vevey, Bouveret ou Villeneuve. Les échelles adoptées actuellement nous paraissent devoir être conservées, et les instruments n'auraient à subir que quelques perfectionnements de détail.

Pour les observations barométriques, il suffirait de quatre instruments placés à Genève, Thonon, Morges ou Lausanne, Villeneuve ou Bouveret. Les instruments devraient être du même système pour être bien comparables. L'échelle des temps devrait être très grande. Pour bien apprécier à un moment donné la différence de pression entre deux stations, et voir comment elle varie, il faudrait, dans la lecture des tracés, ne pas faire d'erreur atteignant un cinquième de millimètre de mercure, ni 2 minutes de temps. On y arriverait avec les échelles de 5 millimètres par millimètre de pression et 2 centimètres par heure. On pourrait songer, pour faciliter la comparaison des tracés, à adopter, comme pour les limnographes, l'échelle de 6 centimètres par heure. Mais, pour avoir des tracés commodes à lire et pas trop aplatis, il faudrait porter l'échelle des pressions à 30 ou 50 millimètres par millimètre de mercure, ce qui présenterait passablement de difficultés pratiques.

Enfin, il serait à désirer que des observations analogues fussent entreprises sur d'autres lacs, et même en mer, où sans doute se produisent des phénomènes du même ordre.

M. L. COLLOT

Professeur à la Faculté des sciences de Dijon.

DIVERSITÉ CORRÉLATIVE DES SÉDIMENTS ET DE LA FAUNE DU MIOCÈNE MARIN DES BOUCHES-DU-RHONE

— *Séance du 13 août 1885* —

Le miocène marin a couvert environ les 5/6 du département des Bouches-du-Rhône : l'arrondissement de Marseille et le sud-est de celui d'Aix paraissent seuls avoir échappé à l'invasion de la mer miocène. L'extension maxima de celle-ci a eu lieu pendant le dépôt des couches à *Cardita Jouanneti* et *Ancillaria glandiformis*. Le fond de cette mer présentait des accidents dont les mouvements postérieurs du sol et les érosions sont loin d'avoir effacé les traces. Ces inégalités dans une région voisine du rivage et peu profonde dans son ensemble, ont introduit une certaine diversité dans la sédimentation et dans les conditions d'existence des êtres organisés. On peut distinguer dans le miocène marin des Bouches-du-Rhône les formations de plages et de hauts-fonds et celles des profondeurs.

Les rapports du miocène marin avec les terrains antérieurs sont la conséquence de mouvements du sol survenus :

1° vers la fin de l'époque éocène ;

2° après l'aquitanien ;

3° après le miocène supérieur.

I

Les couches les plus récentes du miocène supérieur, calcaire à *Helix Christoli* et limon rouge à Hipparion, sont fortement redressées tant au pied sud du plateau de la Touloubre que sur la ligne de passage de celui-ci aux pentes de la Trévaresse (1). Elles sont, dans ces redressements, visiblement concordantes avec le calcaire aquitanien sous-jacent. Il en résulte que ces deux régions doivent leur différence réciproque de niveau et leur élévation, par rapport aux cantons voisins, à un ridement postérieur au miocène. Elles n'étaient auparavant qu'une partie de la grande dépression où séjournèrent les eaux du lac aquitanien à *Potamides margaritaceus*, *P. plicatus*, *Limnœa pachygaster*. Les dépôts de ce lac ont donc été totalement recou-

(1) *Revue des Sciences naturelles*, Montpellier, 1878 ; pl. XII, coupes 2, 3, 4. — *Descript. géolog des environs d'Aix*, p. 181, pl. III coupes 1, 12.

verts par la molasse marine. Du sommet de la Trévaresse, la molasse a généralement disparu par érosion, mais j'en ai retrouvé quelques lambeaux dans la portion occidentale de la chaîne, entre Saint-Cannat et Rognes. Le mamelon coté 340 mètres et d'autres parties, près le ménage de la Trévaresse, en sont formés. Ainsi tombe cette affirmation produite à la réunion de la Société géologique à Aix, en 1842 (p. 461) : « La molasse coquillière est en stratification discordante sur le gypse et il existe des masses très considérables du terrain à gypse, la partie la plus élevée de la Trévaresse, par exemple, qui étaient émergées pendant l'époque correspondant au dépôt de la molasse coquillière. »

Cette proposition avait été reproduite sans être contredite, jusqu'au jour où j'ai montré (1) que les parties orientales du plateau de la Touloubre et de la Trévaresse n'ont surgi qu'après le dépôt de la molasse et que jamais les couches de celle-ci ne viennent s'éteindre sur un massif de lacustre aquitanien.

Les collines néocomiennes de Rognes, Lambesc, Pélissanne n'ont elles-mêmes pris tout leur relief qu'assez longtemps après le passage de la mer miocène. Il est vrai que la molasse n'est pas concordante avec le néocomien, il s'en faut; mais elle est fortement redressée contre lui suivant une ligne plus ou moins interrompue qui va de Caire, au nord-ouest de Rognes, jusqu'à Salon. Ces collines n'avaient donc pas sur le fond de la mer miocène tout le relief qu'elles ont aujourd'hui. Elles n'en avait même pas assez pour que leurs crêtes fussent émergées. J'ai trouvé au nord de Lambesc, presque au sommet des Taillades, un îlot de molasse à 416 mètres d'altitude, comme témoin de cette submersion. C'est un petit plateau dont la ligne horizontale contraste de loin avec le profil accidenté du reste de la chaîne.

II

L'introduction de la mer helvétienne dans le pays qui m'occupe a été la conséquence d'un affaissement général qui l'a fait pénétrer dans la dépression auparavant occupée par le lac aquitanien et qui lui a même permis de déborder au delà sur de larges surfaces. Partout les dépôts de cette époque s'étendent transgressivement sur le jurassique et l'éocène auprès d'Aix, sur le néocomien dans le nord du département. Ce mouvement entre l'aquitanien et l'helvétien a quelquefois introduit une légère différence d'inclinaison des couches (quartier Saint-Eutrope, à Aix), mais, en général, les deux formations sont concordantes.

Les principaux traits de l'orographie de la basse Provence sont antérieurs au miocène inférieur. Ni les deux mouvements dont je viens de

(1) Loc. cit.

parler (*intrà* et *post* miocène), ni la sédimentation miocène, ni les dénudations subséquentes, ne les ont effacés. Les mouvements orogéniques antérieurs au miocène ont donné leur principal relief aux couches jurassiques et crétacées. Ils ont préparé la cuvette où se sont constitués les premiers dépôts miocènes, notamment la formation à gypse d'Aix. Celle-ci vient expirer sur les pentes des collines jurassiques à l'est d'Aix, sur le néocomien dans le nord du département. Ces mouvements se sont effectués, au moins pour leur portion principale, après le dépôt du calcaire lacustre du Montaiguet, contemporain du calcaire grossier parisien. En effet, ces couches lacustres y ont participé.

J'ai dit plus haut que les collines néocomiennes de Rognes, Lambesc, Pélissanne n'ont acquis leur relief actuel qu'après l'époque miocène : une faille les a exhaussées au-dessus de la plaine. Néanmoins ces collines étaient déjà ébauchées avant le miocène et le plissement des couches y était celui que nous voyons aujourd'hui. Un exemple frappant du résultat du ridement antérieur au miocène peut se voir aux Carlat, le long de la route nationale, entre Lambesc et Mallemort (fig. 65) (1). Le néocomien

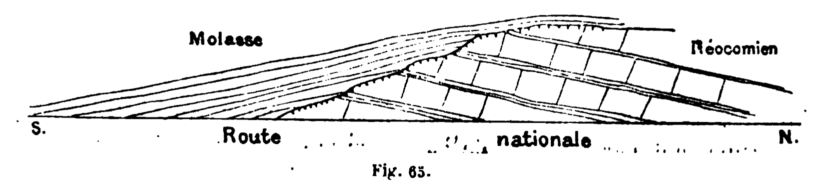


Fig. 65.

plongeant au nord a présenté les têtes de ses couches aux flots néocomiens, qui les ont arrondies et ont creusé des sillons dans les délits marneux. La surface a été percée de trous de Pholades ou de Lithodomes, puis couverte d'un dépôt de sable coquillier qui est devenu la molasse. Celle-ci

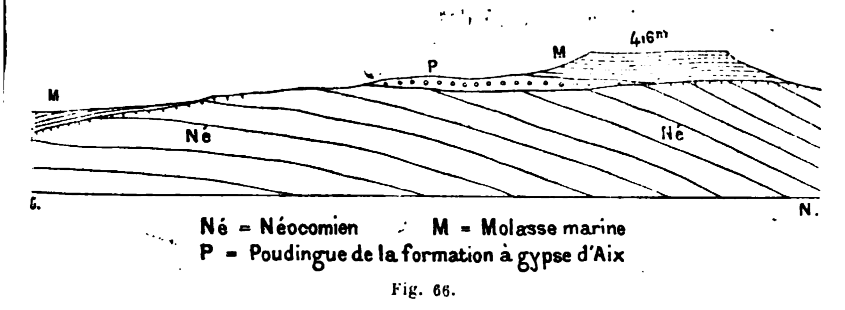


Fig. 66.

se divise en petits lits dont la pente vers le sud correspond au déversement du sable par-dessus le seuil néocomien, ce qui produisait des surfaces de talus superposées.

(1) L'échelle de cette coupe est plus grande que celle des deux autres. La hauteur figurée n'est que de 5 à 10 mètres.

Une autre coupe nous montre encore l'indépendance des causes qui ont donné au néocomien et au miocène leurs inclinaisons. C'est celle qui, traversant le petit plateau coté 416 mètres, sur les Taillades, se dirige vers le sud (fig. 66). La molasse blanche repose au nord sur le néocomien, mais au sud sur un lambeau de poudingue de la formation gypseuse. Après une interruption du tertiaire en *n*, on arrive de nouveau sur la molasse, en *m'*. Celle-ci s'appuie sur le néocomien *n*, dont la surface est usée et criblée de trous de Lithophages. Or, l'inclinaison des bancs néocomiens est vers l'ouest, tandis que sa surface libre et les lits de molasse qui sont modelés sur celle-ci plongent vers le sud-sud-est. C'est ce que montre le plan fig. 67.

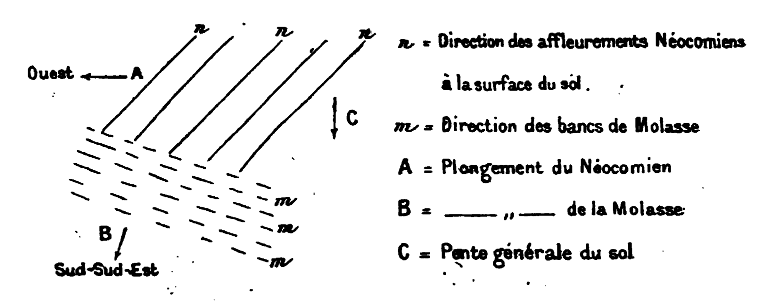


Fig. 67.

Ainsi les inclinaisons de la molasse et du néocomien sont indépendantes non seulement par la valeur de l'angle avec l'horizon, mais par l'orientation des lignes de plus grande pente.

La surface sur laquelle s'est déposée la molasse du Vernègues et d'Aurons était un plateau de calcaire néocomien quelque peu élevé au-dessus du fond général de la mer miocène. Le village d'Alleins, au pied nord de la colline du Vernègues est sur le calcaire urgonien, mais en certains endroits ce calcaire a conservé des perforations de Lithophages, et d'ailleurs la molasse arrive jusqu'aux dernières maisons du village du côté sud-est, à 157 mètres d'altitude. D'autre part, la plate-forme néocomienne qui supporte la molasse du Vernègues est à 240 mètres, c'est-à-dire,

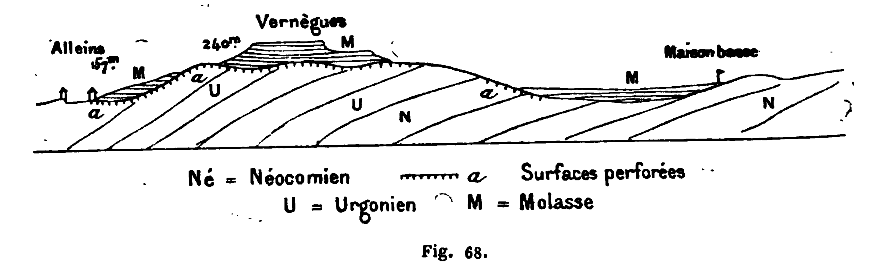


Fig. 68.

environ 83 mètres plus haut que le fond de mer miocène d'Alleins, et cela n'est pas le fait d'une dénivellation postérieure. En effet, si l'on suit le

chemin qui monte sur le plateau, dans la direction de la Maison basse, c'est-à-dire du sud-est, on ne tarde pas à s'apercevoir que la molasse horizontale, dans laquelle est pratiqué le chemin, s'appuie contre un plan incliné néocomien tout perforé, et par conséquent préexistant (fig. 68).

III

Maintenant que nous savons la part qu'il faut attribuer aux mouvements orogéniques des divers âges, nous pouvons passer à l'étude des faciès sous lesquels se révèle le miocène supérieur des Bouches-du-Rhône.

En quelques points le miocène marin renferme des amas de galets plats qui rappellent tout à fait un cordon littoral. Il en est ainsi le long de la route d'Italie, à 1 kilomètre d'Aix, et surtout le long de la route de Marseille, au sommet de la montée qui précède le village de Luynes. Ce sont, en effet, des points que leur position nous permet de considérer comme ayant appartenu à la zone littorale, au moins pendant une partie de l'occupation maritime. Non seulement ces galets ne sont guère mélangés de coquilles, mais ils ont été trop exposés au ressac pour que les Mollusques perforants aient pu y établir leur demeure.

Sur le bord de la mer miocène certaines plages étaient presque horizontales; la mer y roulait les débris de coquilles. Dans ces conditions se sont formés les grès à Hélices d'Aix (quartier des Baumettes), de Peyrolles, de Jouques, autour des collines qui dominaient la mer helvétienne. Ces grès sont tout à fait semblables aux grès quaternaires de Guyotville, près d'Alger, ainsi que je l'ai fait ressortir au Congrès de 1880 ; or, comme ceux-ci ont été évidemment formés à la limite des eaux, peut-être même à l'état de dunes, on peut regarder comme formés dans la même position ceux des Baumettes et du flanc de Concors (Jouques). Sur une épaisseur considérable, les seuls fossiles sont des mollusques terrestres des genres Hélice. Glandine, Cyclostome. La partie supérieure de la formation est, sur les mêmes points, constituée par des débris de mollusques marins côtiers : Turritelles, Cônes, Arches, parmi lesquels dominent les Gastropodes. Les éléments formateurs de la roche sont tous pris sur place : ce sont les débris des coquilles qui ont vécu là. Le dépôt des Baumettes s'étend jusqu'à la tour de la Queyrié.

La colline néocomienne entre la Roque-d'Antheron et Rognes est entourée au midi et à l'ouest par la molasse qui s'appuie sur ses pentes. Elle a formé un îlot, ou plus probablement un récif sous-marin, pendant l'époque miocène. Il y avait là une station favorable pour les Gastropodes. Aussi ai-je rencontré aux aires de Rognes une grande quantité de coquilles, dont plusieurs de grande taille, appartenant à cette classe. Quelques rares Lamellibranches dimyaires y sont associés. Les uns et les autres sont légè-

rement usés par la vague, mais non amenés d'un point différent. Voici la liste des Gastropodes que j'ai recueillis dans cette station.

Pyrula cornuta Ag. in Hœrnes, pl. 29, f. 30. Échantillon à spire plus courte, à base plus plate que la figure.
Id., autre échantillon plus conforme aux figures de Hœrnes.
P. reticulata Lam. in Hœrnes, pl. 28, intermédiaire par sa taille entre les figures 1 et 2.
Oliva clavula Lam. in Michelotti, pl. 13, f. 6; un peu plus allongée et étroite que la figure de Michelotti.
Conus Mercati Brocchi, pl. 2, f. 6; Grateloup, Cônes, pl. 1, f. 3.
C. Aldrovandi Br., pl. 2, f. 5; Hœrnes, pl. 1, f. 2.
C. Tarbellianus Grat., pl. 2, f. 23; Hœrnes, pl. 4, f. 1-3.
Pleurotomaria (Clavatula) Jouanneti Desm. in Grat., pl. 21, f. 12; Bellardi, pl. 6, f. 25; Hœrnes, pl. 38, f. 1-6; Pereira, pl. 26, f. 6.
Pl. (Clav.), semimarginata Lam., in Hœrnes, pl. 38, f. 7, 8. Échantillons à spire plus courte que les figures de Hœrnes et autres. Très commun.
Pl. (Clav.) asperulata Lam. in Hœrnes, pl. 37, f. 2.
Voluta rarispina. Lam. in Hœrnes, pl. 9, f. 9, 10.
Natica.
Turritella.
Bulla lignaria Lam. var. *Tarbelliana* Grat., pl. 1, f. 2 (?).

Le petit plateau coté 416 mètres, dans la chaîne des Taillades, est formé, surtout à la base du dépôt miocène, par un calcaire grossier très blanc, tout formé de débris de coquilles et d'Echinodermes, avec des Algues calcaires. Celles-ci forment à elles seules toute la roche à Aurons et auprès des Reynauds, à l'ouest du Vernègues. A Aurons la pierre est exploitée pour la taille. Elle est très tendre, crayeuse, très blanche. Les Algues sont des masses mamelonnées d'un calcaire farineux en couches concentriques correspondant aux couches des cellules végétales. Ce sont des *Lithothamnium*. Rœmer en a figuré une forme, au moins très analogue, du miocène de Silésie, sous le nom de *Nullipora ramosissima* (1). Ces Algues sont communes dans le miocène austro-hongrois. Je n'ai pas vu qu'on les ait jamais signalées dans le miocène de France.

Des Mollusques perforants ont souvent creusé leur demeure dans ces Algues calcaires, comme ils le font dans les Polypiers. Parfois les Algues, au lieu de former la roche à elles seules, sont noyées dans un sédiment plus ou moins coloré. Leur cassure forme alors des taches lobées, blanches, sur le fond gris de la roche. Elles ont conservé dans ce cas une bien plus grande dureté.

Les Gastropodes de Rognes, les Mollusques, Oursins, Algues calcaires des Taillades et du plateau d'Aurons et du Vernègues trouvaient sur ces plateaux des conditions de profondeur, d'aérage et de limpidité de l'eau, qui leur auraient manqué dans les vallées sous-marines étendues à leurs pieds. Il semble d'ailleurs que les limons, les sables inorganiques, notamment siliceux, n'aient pas pu remonter sur ces récifs et plateaux pour se mélan-

(1) Geologie der Oberschlesien, pl. 11, fig. 1.

ger aux débris inorganiques. C'est du moins là ce qui a eu lieu au début de l'occupation du pays par la mer miocène. Plus tard, les parties basses étant comblées par l'abondance des sables et des vases, il a pu s'établir une plus grande uniformité dans la sédimentation.

IV

D'après ce que j'ai dit plus haut du peu d'importance des mouvements orogéniques effectués entre l'aquitanien et la molasse marine, la cuvette de l'ancien lac aquitanien appartenait aux parties profondes de la mer miocène dans les Bouches-du-Rhône. Toutefois certaines surfaces dépourvues de la formation à gypse étaient également des parties relativement profondes de la mer. Tels sont le sud de la ville d'Aix et la vallée au nord de Rognes. Les matériaux divers provenant de la démolition du sol, des sables siliceux, par exemple, se sont ramassés dans la dépression correspondant à l'emplacement de la ville d'Aix. Ces sables, mêlés de graviers, sont abondants sur les pentes entre la ville et la tour de la Queyrié. Mais ils n'ont pas pu remonter sur le plateau des Baumettes pour se mêler aux débris de coquilles qui forment à peu près exclusivement la roche, parce qu'une pente raide séparait ce plateau, formant la plage, d'avec la fosse où est actuellement la ville. Les marnes puissantes de la Gare et des Aliénés, avec *Ostrea crassissima* et *Cerithium papaveraceum* n'existent pas sur les plateaux, et ce n'est pas par suite d'une érosion, puisque le calcaire coquillier y est encore recouvert par le travertin calcaire équivalent du] calcaire crayeux à *Planorbis eritina*, *Helix Christoli*, qui couronne les marnes des Aliénés. Ce sont simplement les conditions hydrographiques qui n'ont pas permis leur dépôt sur le plateau balayé par les vagues.

A la Calade et à Puyricard nous trouvons sur le calcaire lacustre aquitanien du sable et de la marne. Le sable est plus fin qu'à Aix, sans doute à cause de l'éloignement du rivage. Il y a toutefois, au milieu de ces sédiments fins, quelques cailloux calcaires aquitaniens ou même néocomiens dont les Mollusques perforants se sont emparés. A Peschière, près Puyricard, j'ai recueilli toute la faune de Cabrières d'Aigues à *Cardita Jouanneti* et *Ancillaria glandiformis* dans une de ces marnes caillouteuses, qui repose directement sur le calcaire lacustre aquitanien.

A Beaulieu, à Saint-Cannat, des Huitres, des Anomies, de grands Peignes et d'autres Lamellibranches sont associés à des dépôts marneux. Les coquilles, à Beaulieu, à Saint-Cannat, à Lambesc, forment quelquefois un calcaire grossier par l'accumulation à peu près exclusive de leurs débris ; mais ce calcaire est composé d'éléments différents de ceux du calcaire coquillier des Baumettes, car les Gastropodes, prédominants en ce dernier quartier,

de même qu'aux aires de Rognes, font à peu près défaut dans celui de Beaulieu et de Saint-Cannat. Les particules étrangères y sont rares et de faible volume. La côte était à 20 kilomètres environ de ces points.

Au nord de Rognes on peut voir la grande épaisseur du miocène marin. La base, sur une hauteur considérable, est formée de sables fins, plus ou moins vaseux. A Lambesc le sable vaseux se retrouve et renferme de grands Peignes qui se sont conservés entiers sur les points où ils ont vécu. Au-dessus se montre, et prend plus d'épaisseur à mesure qu'on se rapproche de Rognes, l'horizon du calcaire grossier jaune formé de menus débris de coquilles, notamment de Peignes, que l'on exploite, comme pierre de taille, sous le nom de pierre de Rognes. Sur cette assise vient la zone à *Cardita Jouanneti* et *Ancillaria glandiformis* constituée par un calcaire marneux blanc cimentant des fossiles roux. Dans ces couches il n'y a que la pierre de taille qu'on puisse comparer avec le calcaire coquillier blanc des Taillades, et encore la couleur jaune de la pierre de Rognes indique dans les eaux où elle s'est formée des impuretés qu'on ne rencontre pas aux Taillades.

En résumé, nous voyons les sables d'origine inorganique et les argiles abonder dans les sédiments des bas-fonds, tandis que les roches formées sur les plateaux sous-marins et sur certaines plages sont d'origine plutôt organique. Les fossiles sont, d'une part, des Mollusques Lamellibranches, d'autre part, des Gastropodes ou des Algues calcaires.

M. PERON

NOTE SUR LES ÉTAGES DE LA CRAIE AUX ENVIRONS DE TROYES

— *Séance du 13 août 1885* —

Dans ses travaux sur la géologie du département de l'Aube (1), Leymerie, à l'exemple de tous les premiers géologues, a réuni dans un même étage toute cette puissante formation qu'on appelle le terrain de craie et qui occupe la plus grande partie de ce département.

En réalité, cette manière de voir est parfaitement justifiée, non seulement par l'impression d'unité que ressent l'observateur à l'examen de ce

(1) Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube (*Mém. Soc. géol. de France*, t. IV, 2e partie). — Statistique géol. de l'Aube (*Id.*).

grand ensemble de la craie, mais par de puissantes considérations tirées des conditions bathymétriques de la formation de ces sédiments, du faciès uniforme de la faune et de la progression insensible avec laquelle elle se modifie.

Mais si l'unité et la continuité de la formation crayeuse nous semblent évidentes, nous n'en reconnaissons pas moins la nécessité de la subdiviser et de distinguer des époques successives dans l'énorme période de temps représentée par cette masse sédimentaire. Malgré les difficultés considérables que présente cette division de la craie par suite de l'uniformité presque complète de ce terrain, de grands progrès ont été déjà réalisés sous ce rapport. M. le professeur Hébert notamment a utilisé d'une façon très heureuse les modifications de la faune pour établir dans la craie d'assez nombreux étages qui sont maintenant reconnus par tous les géologues (1). Depuis, d'autres subdivisions ont été introduites qui paraissent également devoir être généralisées. Il convient de persévérer dans cette voie si bien tracée et de chercher, au moyen d'études locales multipliées, à perfectionner le système des divisions de la craie.

Déjà, sous tous les rapports, la formation crayeuse du nord-ouest du bassin parisien commence à être bien connue. Il en est actuellement de même de la craie des Ardennes, de la Marne et de l'Yonne que les belles monographies de MM. Hébert, Barrois, Lambert, etc., ont si bien fait connaître. Le département de l'Aube seul forme une sorte de lacune dans la connaissance du terrain de craie du pourtour du bassin parisien. Si, dans ce département, le terrain classique du gault et les terrains sous-jacents sont bien connus, grâce aux recherches de MM. Clément Mullet, Dupin, Leymerie, d'Orbigny, etc., il n'en est pas de même du terrain de craie, sujet beaucoup plus ingrat, sur lequel aucune étude détaillée n'a été faite. C'est pour cette raison qu'il nous paraît utile de publier un résumé de nos recherches très multipliées aux environs de Troyes, où se présentent bien développés les étages inférieur et moyen du terrain de craie.

On doit considérer ce terrain comme débutant dans l'Aube par une assise d'argile crayeuse blanchâtre qui forme la base de l'étage cénomanien et se relie à cet étage par des fossiles assez nombreux. Cette assise est très constante. Elle a été indiquée par une teinte spéciale sur la carte géologique de Troyes, si bien dressée par M. de Cossigny. Leymerie l'avait décrite et M. Hébert l'a signalée à Saint-Florentin et autres localités du département de l'Aube.

On considère cette assise argileuse comme l'équivalent de la gaize de l'Argonne, c'est-à-dire comme la zone à *Ammonites inflatus* ou étage vraconnien des géologues suisses. Il est réel qu'elle en occupe la place, mais

(1) Sur la craie blanche et la craie marneuse..., etc. (*Bul. Soc. géol.*, t. XX, p. 605).

je ne connais pas d'autre analogie entre ces deux formations fort dissemblables sous tous les rapports.

A l'est de Troyes la zone argileuse en question affleure sur une bande parfois très large entre le gault qui occupe la région marécageuse et boisée du Grand-Orient et les calcaires cénomaniens qui forment les hauteurs de Laubressel, de Dosches et de Piney. Les localités sont rares néanmoins où cette argile puisse être étudiée dans ses divers caractères. La meilleure que nous ayons rencontrée est la tuilerie de Larrivour, au nord de Lusigny. Sur ce point l'argile est exploitée et l'on peut en observer un découvert assez considérable.

La puissance totale de l'assise peut être évaluée à une dizaine de mètres. L'argile est d'un gris blanchâtre, grumeleuse, mélangée de petits noyaux calcaires et de nombreux débris d'Ostracés.

La petite faune qu'on y rencontre est peu variée, mais certaines espèces y sont abondantes. Il est à remarquer que cette faune du cénomanien inférieur est tout à fait analogue à celle qui peuple le cénomanien supérieur marneux à *Belemnites plenus* dans la Marne et les Ardennes, et même le turonien marneux à *Terebratulina gracilis*. Il est manifeste que le retour du même faciès pétrologique a amené dans ce cas une récurrence de la même faune.

Les espèces que nous avons recueillies à Larrivour sont : *Pecten elongatus*, *Plicatula nodosa*, *Ostrea vesiculosa*, *O. lateralis* (*O. canaliculata* d'Orb.), *O. hippopodium*, *O. Naumanni*, *O. carinata*, *Kingena lima*, *Vincularia sp.*, *Amorphospongia pisiformis*.

Entre le ruisseau de la Forge et les hauteurs de Laubressel les marnes inférieures sont souvent recouvertes, dans de petits mamelons, par les premiers bancs calcaires du cénomanien. La construction du chemin de fer de Troyes à Vitry-le-François, en ouvrant plusieurs petites tranchées dans cette région, nous a fourni une excellente occasion d'étudier ces bancs inférieurs. Une de ces tranchées, pratiquée au sud-est du village de Laubressel, près du lieu dit la Fontaine-des-Agneaux, nous a donné sur ces bancs des renseignements d'autant plus précieux que sa situation au bas de la côte de Laubressel, où sont ouvertes plusieurs crayères, nous a permis de relier entre elles toutes les assises cénomaniennes et d'en suivre le développement.

Les calcaires marneux de la Fontaine-des-Agneaux sont très fossilifères. Ils constituent par excellence l'étage rhotomagien des auteurs et on y retrouve cette riche faune connue dans la craie de la montagne Sainte-Catherine de Rouen, puis dans le département de la Marne, à Vitry-le-François, et enfin dans l'Yonne, à Neuvy-Sautour, à Saint-Fargeau, etc.

Ce cénomanien inférieur est en bancs bien stratifiés d'un calcaire très marneux, gélif, blanchâtre, sans silex. Les Céphalopodes y abondent et

dans la seule tranchée dont nous parlons, nous avons pu, ainsi que nos confrères MM. de Lacvivier, de Cossigny et Lambert, recueillir une très grande quantité d'Ammonites, de Turrilites et de Nautiles.

Les espèces que nous avons pu déterminer sont : *Nautilus Deslongchampsi, Ammonites rhotomagensis, A. Mantelli, A. navicularis, A. varians, Turrilites costatus, T. Gravesi, Pleurotomaria formosa, Lima Mantelli, Pecten elongatus, Holaster subglobosus.*

Au-dessus de la tranchée, quelques petites crayères situées sur le chemin qui monte au village de Laubressel nous montrent que la faune des Céphalopodes remonte à une certaine hauteur dans le cénomanien. Toutefois ils deviennent beaucoup plus rares et ne tardent pas à disparaître. Dans le haut du village, vers son extrémité orientale, on ne voit plus que des calcaires secs, esquilleux, sans fossiles.

Sur le flanc du même coteau, mais dans la partie occidentale, une grande crayère est ouverte dans les assises supérieures aux couches à Ammonites. Les fossiles y sont rares. J'y ai recueilli *Terebratula obesa, Discoïdea cylindrica* et d'assez nombreux moules d'Inocerames peu déterminables. Les assises sont massives et les lignes de stratification très confuses. Les nodules de pyrite abondent ; je n'y ai pas vu de silex. La craie est assez dure, mais par places on observe des lambeaux de marne grise, argileuse très tendre. Nous retrouverons cette même assise sur la route de Troyes, où elle est plus fossilifère.

Au-dessus de cette crayère, le chemin qui aboutit à l'entrée occidentale du village est creusé dans une craie plus sèche, se délitant en petites plaquettes sonores. Ce sont les couches cénomaniennes les plus élevées que l'on puisse observer dans la localité. Les fossiles n'y sont pas rares. Le plus caractéristique est le *Scaphytes æqualis*, qu'on rencontre fréquemment. J'y ai recueilli aussi: *Ammonites Mantelli, Inoceramus latus, Terebratula* sp., etc.

L'ensemble formé par cette craie sèche et la craie massive subordonnée forme toute la côte de Laubressel et se prolonge auprès du village de Thennelières, en plongeant assez fortement au sud-ouest. A Laubressel les couches supérieures occupent la cote 170 mètres et s'abaissent vers l'ouest, de telle sorte qu'à 5 kilomètres de Laubressel elles ne sont plus qu'à la cote 134 mètres.

Sur la route de Laubressel à Thennelières, on rencontre, au-dessus de ce dernier village, une crayère profondément creusée où l'on exploite, comme à Laubressel, les couches massives du cénomanien. Je n'y ai vu aucun des Céphalopodes des couches inférieures et les fossiles y sont rares. Cependant j'y ai recueilli plusieurs radioles de *Cidaris velifera* et de *C. Berthelini*, espèces qui caractérisent bien ce niveau du cénomanien.

Entre Thennelières et Saint-Parres-aux-Tertres, sur le bord de la route

d'autres grandes carrières sont exploitées depuis très longtemps. Ce sont ces carrières qui ont fourni la plus grande partie des fossiles cités et décrits par Leymerie dans ses travaux sur l'Aube et par M. Cotteau dans son catalogue des Échinides de ce département.

Comme dans les carrières précédentes, ce sont les bancs compactes qui sont exploités. On n'y atteint pas les couches à Céphalopodes. Le cénomanien supérieur occupe la partie haute des carrières. La roche est la même qu'à Laubressel; c'est une craie grise, dure, sans silex, avec nombreux nodules de pyrite. Les assises sont épaisses, à stratification mal indiquée. On y remarque des parties de marnes schisteuses grises se délayant facilement dans l'eau. Certains fossiles, comme les Térébratules, les *Holaster* et quelques Spongiaires, y sont communs, mais presque toujours déformés et incomplets.

Un Spongiaire rameux, que Leymerie a nommé *Scyphia os ranæ*, occupe à la partie inférieure des carrières un niveau constant où il abonde en compagnie de quelques autres comme le *Monotheles stellata*.

A la partie supérieure de la grande carrière on observe une zone irrégulière de craie noduleuse à rognons jaunâtres, diversiformes, subconcrétionnés. Cette partie découverte sur un grand espace nous a cependant donné très peu de fossiles. Nous y avons toutefois rencontré, avec quelques Inocerames, un fossile précieux, le *Belemnites plenus*, caractéristique partout du turonien inférieur.

Leymerie a mentionné le *Micraster cor anguinum* parmi les fossiles de Saint-Parres et, d'autre part, M. Cotteau a signalé dans cette même localité le *Micraster breviporus*. Je n'ai jamais rencontré ces espèces dans les carrières en question, où ne se montre même pas la vraie craie marneuse à Inocerames. J'ai tout lieu de croire que ces citations proviennent de confusions de gisement faites dans des collections locales.

La faune des carrières de Saint-Parres est intéressante en ce qu'elle présente un faciès tout spécial et très différent de celui du cénomanien inférieur. Les Céphalopodes y manquent complètement et sont remplacés par une grande abondance de Spongiaires, de Brachiopodes et d'Échinides qui n'existaient pas dans les couches précédentes. Des recherches très multipliées m'ont permis de réunir de bons exemplaires des espèces suivantes :

Belemnites plenus (1 exemplaire des couches supérieures), *Scaphytes æqualis* (provient également des calcaires en plaquettes supérieures), *Turbo rhotomagensis*, *Turbo* sp., *Pleurotomaria formosa*, *Arca* sp., *Lima Mantelli*, *Pecten* sp. (grande espèce à côtes larges), *Inoceramus latus*, *Janira Dutemplei*, *Spondylus Dutemplei*, *Ostrea haliotidea*, *Plicatula spinosa*, *Rhynchonella* sp., *Terebratula obesa*, *Holaster trecensis* (1), *Discoïdea subuculus*, *Cidaris vesiculosa* (test et radioles nombreux), *C. uniformis* (radioles), *C. velifera* (radioles),

(1) Cette espèce de Leymerie n'est pour nous qu'une variété du *H. nodulosus*. Cependant le test est plus mince que dans ce dernier type. Aussi les individus sont-ils généralement déformés.

C. Berthelini (radioles) (1), *Pseudodiadema?* (radioles), *Glyphocyphus radiatus* (2), *Scyphia subreticulata*, *Polycœlia os ranæ*, Ley. sp. (3), *Monotheles stellata*.

Comme on le voit, cette faune indique clairement par sa composition que les calcaires crayeux de Saint-Parres se sont déposés dans des conditions bathymétriques très sensiblement différentes de ceux de la Fontaine-des-Agneaux. Elle indique une formation assez profonde et néanmoins sublittorale. Je suis convaincu que c'est de cet horizon que provient le fragment de rudiste (Sphérulite) recueilli par Leymerie dans les crayères de Villeneuve-aux-Chemins (Aube) et qu'il présume avoir été transporté en cet état dans la mer parisienne (4).

D'Orbigny, d'autre part, a cité le *Biradiolites cornu pastoris* aux environs de Troyes. Je n'ai pu avoir aucun renseignement complémentaire à ce sujet et je présume qu'il s'agit encore ici du rudiste recueilli par Leymerie. Cette découverte et cette détermination n'ont rien qui m'étonne, car dans les environs de Sainte-Menehould, au milieu de marnes que j'attribue à la zone à *Belemnites plenus*, on rencontre assez fréquemment un gros radiolite, difficile à déterminer exactement en raison de son état, mais qui est certainement très voisin de *Radiolites cornu pastoris*, sinon lui-même. J'en possède deux bons fragments et M. Collet de Sainte-Menehould en possède un individu énorme (5).

Le cénomanien supérieur, tel que nous venons de le voir à Saint-Parres, se prolonge au nord-est de Troyes en une bande qui passe par les villages de Villechétif, Creney, etc., où des crayères permettent encore de l'étudier. Les fossiles y sont très rares, mais la roche conserve les mêmes caractères.

En résumé, dans le cénomanien de l'Aube, on est amené à distinguer cinq zones qui sont, de bas en haut :

1° Marnes crayeuses à Ostracées ;

2° Craie marneuse en bancs réglés à Céphalopodes ;

3° Craie compacte à Échinides et à Spongiaires ;

4° Craie sèche en plaquettes à *Scaphytes æqualis* ;

5° Craie noduleuse à *Belemnites plenus*.

CRAIE TURONIENNE A « INOCERAMUS LABIATUS »

La craie marneuse à Inocerames surmonte, au nord de Troyes, l'étage cénomanien supérieur. On la peut étudier surtout dans les coteaux de la

(1) Nous sommes très disposé à considérer ces radioles comme une simple variété grosse et à petits ornements du *C. velifera*.

(2) Cette espèce caractérise habituellement les couches rhotomagiennes, mais nous l'avons rencontrée à Valmy (Marne) jusque dans les marnes turoniennes à *Terebratulina gracilis*.

(3) Leymerie avait classé cette espèce dans le genre *Scyphia*. C'est évidemment un *Polycœlia* voisin des *P. punctata* et *P. divaricata*. Elle est très abondante.

(4) *Loc cit.*, p. 299.

(5) Il existe dans le cénomanien d'Algérie et également dans celui de la Provence un rudiste, le *Radiolites Nicaisei* Coq., qu'il n'est pas toujours facile de distinguer du *Cornu pastoris*. Peut-être faudrait-il rapporter à cette espèce nos rudistes de l'Argonne ?

rive droite de la Seine, où d'importantes crayères sont ouvertes dans ces couches auprès des villages de Culoison, Sainte-Maure, etc. De l'autre côté de la Seine cette assise est peu visible. Cependant elle semble occuper un large espace sous les alluvions de la vallée et s'étendre jusqu'au pied de la grande falaise occidentale. Elle forme le sous-sol de la ville de Troyes, au moins dans sa partie occidentale. Dans des fouilles exécutées sur plusieurs points et notamment dans le cimetière de Preize et au faubourg Sainte-Savine, j'ai reconnu des fossiles caractéristiques de l'étage, comme *Inoceramus labiatus* et *Terebratulina gracilis*. La puissance de la formation crayeuse sous le sol de la ville de Troyes est d'ailleurs connue par des sondages artésiens qui ont été exécutés, notamment vers la halle au blé, et qui ont indiqué, après les alluvions épaisses de la Seine, 50 mètres de craie blanchâtre et 80 mètres de marne calcaire contenant environ la moitié de son poids d'argile.

La craie turonienne est peu fossilifère dans les environs de Troyes et la faune y est très peu variée. A Culoison j'ai recueilli des fragments peu déterminables de deux espèces d'Ammonites dont l'une ornée de côtes étroites bifurquées et l'autre ornée sur les tours de gros tubercules. J'ai rencontré, en outre, un Nautile, des *Inoceramus labiatus* abondants, quelques rares *Spondylus spinosus* et des *Terebratula semiglobosa*.

A Sainte-Maure, les bancs exploités sont plus élevés que les précédents, ce qu'il est facile de constater par l'examen des cotes et l'inclinaison des strates. La faune y est un peu différente et on commence à y rencontrer quelques rares et mauvais *Micraster breviporus*. Nous y avons trouvé aussi, M. Gauthier et moi, un petit Micraster nouveau et intéressant qui se retrouve avec ses mêmes caractères et au même niveau sur les bords de la Marne, près de Vitry-le-François. Notre ami M. Gauthier a bien voulu se charger de le décrire dans la note ci-annexée et l'a désigné sous le nom de *Micraster Sanctæ Mauræ*.

Nous n'avons pu reconnaître, dans la craie turonienne de Troyes, ni la zone à *Echinoconus subrotundus* que nous avions trouvée dans l'Yonne, à Saint-Fargeau, et que MM. Hébert et Lambert ont étudiée à Brion, à Dracy, etc., ni la zone à *Cidaris hirudo*, qui forme la base de la craie turonienne et que M. Lambert a reconnue dans l'Yonne.

CRAIE A « MICRASTER BREVIPORUS »

Les assises de craie supérieures à la craie marneuse à Inocerames sont visibles aux environs de Troyes dans deux séries de gisements séparées par la vallée de la Seine.

Ceux de la rive droite se trouvent au nord des villages de Culoison et Sainte-Maure, où nous avons vu la craie marneuse. Dans cette partie, les

strates sont inclinées au nord-ouest, et à mesure que l'on descend le cours de la Seine, on voit apparaître des assises de plus en plus récentes. C'est ainsi que la craie tendre à *Micraster breviporus* affleure près des villages de Vannes et de Saint-Benoît et, plus loin, à Villacerf, c'est la craie à *M. cor testudinarium*, que l'on exploite dans une crayère au-dessus du village.

Les autres gisements de craie à *Breviporus* se trouvent de l'autre côté de la vallée, au bas de la grande falaise qui la limite à l'ouest. Nous l'avons reconnue sur un long espace depuis Bouilly jusqu'à Pavillon. M. Barrois, dans ses études sur la craie du nord-est (1), a donné une coupe de cette zone prise près de Laines-aux-Bois, à 12 kilomètres environ de Troyes. Nous ne pouvons malheureusement que la mentionner. Obligé de nous renfermer dans les limites fixées par les statuts de l'Association, nous nous bornerons à parler succinctement des assises les plus rapprochées de Troyes, c'est-à-dire celles que l'on rencontre en continuant la coupe que nous avons commencée de l'est à l'ouest par Laubressel, Troyes et Montgueux.

En suivant la route de Troyes à Sen , à la sortie de la vallée, on aperçoit au nord de la route, près l'embranchement du chemin de Montgueux, un petit mamelon dans lequel est ouverte une crayère qui nous montre les couches immédiatement supérieures à la craie marneuse à Inocerames. La craie y est plus dure, plus sèche, plus cassante, très peu fossilifère. J'ai pu cependant y recueillir un *Holaster icaunensis*, espèce qui, dans la vallée de l'Yonne, caractérise précisement la zone inférieure de la craie à *Breviporus*.

La montée de la route de Sens, au-delà du passage à niveau du chemin de fer, nous montre dans les talus l'affleurement d'une craie riche en *Micraster breviporus* et *Holaster planus* nombreux. Un fossé profond, qui a été creusé le long de cette route, en 1882, pour la pose des fils télégraphiques souterrains, nous a permis de bien reconnaître la position et la puissance de cette zone.

Un important gisement se trouve d'ailleurs tout près de là, qui nous a fourni de bons fossiles et une excellente coupe de toute cette craie à *breviporus*, c'est la tranchée de Torvilliers, par laquelle le chemin de fer de Troyes à Sens franchit le col qui sépare la vallée de la Seine du bassin de l'Yonne. Cette tranchée est profonde et la craie est riche en fossiles. Les *Micraster breviporus* et les *Holaster planus* y abondent, mais ce dernier Oursin, dont le test est mince et fragile, est ici, comme partout, rarement intact.

La craie est très blanche, tendre et tachante. Les silex y sont extrême-

(1) Mém. sur le terrain crét. des Ardennes, p. 428.

ment abondants, surtout à la partie supérieure, comme dans la vallée de l'Yonne, à Joigny, Armeau, etc. Les espèces, quoique abondantes en individus, sont peu nombreuses ; je citerai :

Scaphytes Geinitzi, *Inoceramus* sp., *Spondylus spinosus*, *Rhynchonella plicatilis*, *Terebratula semiglobosa*, *Holaster planus*, *Micraster breviporus*, *Cyphosoma striatum*, *Bourgueticrinus ellypticus*, dents et écailles de poisson.

Craie a « Epiaster » et craie a « Micraster cor testudinarium »

De nombreuses et grandes crayères ouvertes dans les coteaux de la Grange-au-Rez et de Montgueux, au-dessus de la route de Sens et de la tranchée de Torvilliers, permettent de suivre à peu près sans interruption la succession des assises crayeuses.

Tout d'abord, sur le bord sud de la route, presque immédiatement au-dessus des assises à *Breviporus*, une petite crayère existe qui nous montre une zone fort intéressante signalée déjà par plusieurs géologues dans d'autres localités et que nous avons eu nous-même l'occasion d'observer dans l'Yonne, auprès des villages de Béon, de Thème, d'Armeau, etc.

Cette zone, qui sépare la craie à *Breviporus* de la craie à *Cor testudinarium*, a été désignée par M. Barrois sous le nom de zone à *Epiaster brevis* ou craie de Vervins (1). Elle est elle-même fort riche en Oursins, et quelques individus rappellent encore la forme des *Breviporus*, tandis que d'autres semblent être déjà des *Cor testudinarium*. En général, les premiers ont une taille bien supérieure à celle des véritables *Breviporus*. Pendant longtemps on les a désignés sous le nom de *Micraster cor bovis*. Quant aux Oursins qu'on pourrait rapporter aux *Cor testudinarium*, c'est seulement dans la partie supérieure de la zone qu'on les rencontre. Les autres Oursins, assez nombreux, qui se trouvent avec ceux-là, nous paraissent en grande partie devoir constituer des espèces nouvelles. La note ci-annexée que publie notre confrère et ami M. Gauthier, donne la description des *Micraster Beonensis* et de l'*Epiaster Renati*. Nous prions le lecteur de vouloir bien s'y reporter pour tout ce qui concerne la discussion sur ces espèces et sur l'*Epiaster brevis*, Oursin important qui a donné lieu déjà à d'intéressantes discussions.

En dehors des Oursins dont nous venons de parler et de quelques Térébratules généralement déformées (*T. hibernica?*), on trouve fort peu d'autres fossiles dans la zone dite à *Epiaster brevis* de l'Aube. Sous ce rapport, le gisement que nous venons de signaler est moins intéressant que ceux des environs de Vervins décrits par M. Barrois et qui lui ont fourni un si grand nombre de fossiles.

Nous ne pouvons ici, faute de place, entrer dans aucune discussion au

(1) *Loc. cit.*, p. 400 et suiv.

sujet de la zone dont nous venons de parler et de son parallélisme plus ou moins probable avec certaines assises de la craie de Touraine, ou du Midi. Notre note restera donc purement descriptive. Nous devons seulement faire observer que le nom de zone à *Epiaster brevis*, affecté à la subdivision qui nous occupe, ne pourrait être conservé. L'espèce, en effet, qui la caractérise a été désignée sous ce nom par MM. Schlüter et Barrois, avec esprit d'assimilation aux *Micraster brevis* Desor. Or, cette assimilation ne peut être acceptée et l'espèce de M. Schlüter doit prendre un autre nom.

Il nous paraît que l'Oursin le plus caractéristique de la zone est le *Micraster beonensis*. Il conviendrait donc de la désigner sous ce nom.

Le coteau de Montgueux, qui domine la route de Sens au nord, et celui de la Grange-au-Rez, qui se trouve entre cette route et le chemin de fer, sont tous les deux entamés par de grandes carrières qui nous permettent de suivre sans interruption la succession des assises crayeuses.

Le versant sud du dernier coteau notamment, nous montre une crayère creusée à peu près immédiatement au-dessus de celle où, sur le versant nord, nous avons observé la zone à *Micraster beonensis*.

Dans cette nouvelle crayère on ne rencontre plus qu'un Oursin, le *Micraster cor testudinarium*. C'est également cette même espèce qu'on trouve dans les grandes crayères de Montgueux. Il y est assez fréquent.

Avec cet Oursin nous avons recueilli des *Terebratula semiglobosa* et *T. hibernica*, des Inocerames, des dents de poissons et le *Bourgueticrinus ellypticus*.

La craie y est blanche, pure, compacte. C'est cette craie surtout qu'autrefois on exploitait pour la livrer au commerce sous le nom de Blanc de Troyes ou Blanc d'Espagne.

La craie à *M. cor testudinarium* couronne ici le mamelon de Montgueux, qui est le plus élevé de la région et dont la cote est de 260 mètres. On ne peut donc espérer rencontrer aux environs de Troyes les assises supérieures de l'étage sénonien. Pour les rencontrer, il faut s'éloigner de Troyes en suivant la vallée de la Vanne ou celle de la Seine.

Dans la première, la zone à *Cor testudinarium* règne sur un long espace et va s'abaissant doucement dans la direction de Sens. Je l'ai trouvée encore bien développée à Estissac, à Villemaur, à Neuville-sur-Vanne, etc., à l'altitude de 160 mètres (1). Plus à l'ouest, elle est recouverte par la craie à *Cor anguinum*, qui elle-même supporte dans les coteaux de Foissy, des Clérimois, etc., la craie à *Belemnitella quadrata* et *Offaster pilula*, laquelle vient former les collines des environs de Sens.

Dans la direction de la vallée de la Seine, la craie à *Cor anguinum* commence à apparaître dans les crayères des environs de Pont-sur-Seine, où

(1) M. Lambert a encore signalé un affleurement de la craie à *Cor testudinarium* bien plus près de Sens, à la base des carrières de Malay-le-Vicomte. (*Loc. cit.*, p. 21.)

elle supporte la craie à *Quadrata*. Puis, plus loin, au nord de Nogent-sur-Seine et à la base de la falaise de Brie, se montre bien développée l'assise supérieure de la craie à Bélemnitelles, c'est-à-dire la craie de Meudon. Les ravins de Dival, auprès de Villenauxe, sont un bon endroit pour l'étude de cette dernière assise. On y retrouve sur une grande épaisseur cette craie tendre, blanche, sans silex, riche surtout en *Ostrea vesicularis*, en *Magas pumilus* et *Belemnitella mucronata*, que l'on peut observer tout le long de la grande falaise de Brie, depuis Épernay jusqu'à Montereau, en passant par Chavot, le Mesnil, Vertus, Sézanne, etc.

M. GAUTHIER

Professeur au Lycée de Vanves.

DESCRIPTION DE TROIS ÉCHINIDES NOUVEAUX RECUEILLIS DANS LA CRAIE DE L'AUBE ET DE L'YONNE

— *Séance du 13 août 1885* —

Dans une note sur la craie des environs de Troyes qui vient d'être communiquée à la section de Géologie par notre confrère M. Peron, il est fait mention de quelques espèces d'Oursins recueillis dans cette craie qui ne paraissent pouvoir être assimilés avec certitude à aucune espèce déjà connue. Ayant exploré en compagnie de mon ami M. Peron la craie de l'Aube ainsi que celle de la vallée de l'Yonne et ayant également recueilli des exemplaires des Oursins en question, j'ai été, comme notre confrère, frappé de la physionomie particulière de ces Oursins et de la constance de leur horizon. Deux d'entre eux sont spéciaux à cette zone, qui forme la base de l'étage sénonien et que plusieurs géologues ont désignée déjà sous le nom de zone à *Epiaster brevis*. Ils ont été assimilés par les auteurs à des espèces qui, pour nous, sont différentes et habitent d'autres niveaux de la craie parisienne ou même des bassins différents.

Dans ces conditions nous pensons qu'il y a utilité à définir ces espèces et à essayer d'en préciser les caractères. Aussi ai-je accepté volontiers cette tâche, et, après étude approfondie, j'en donne ci-après la description.

MICRASTER SANCTÆ MAURÆ Gauthier, 1885.

Pl. VI, fig. 1-6.

Dimensions :	longueur. .	18mm	largeur. . .	16mm	hauteur. .	11mm
	—	24	—	21	—	14
	—	27	—	24	—	18

Espèce de petite taille, cordiforme, élargie et sinueuse en avant, rétrécie et tronquée en arrière. Face supérieure déclive d'arrière en avant, ayant son point culminant en arrière du sommet; pourtour arrondi et assez épais. Face inférieure renflée, sauf une dépression peu accentuée dans la région du péristome. Sommet à peu près central, plutôt en arrière qu'en avant.

Appareil apical peu développé : quatre pores génitaux, dont les deux postérieurs plus écartés que les autres ; le madréporide, d'apparence spongieuse, occupe le centre ; il est très réduit, et ne dépasse pas les plaques génitales postérieures.

Ambulacre impair logé dans un sillon étroit, bien défini, peu évasé, à fond presque plat. Il n'entame que très légèrement l'ambitus, bien qu'il se prolonge jusqu'au péristome. Les paires de pores sont peu nombreuses ; les pores obliques, séparés par un fort granule. Le fond est très granuleux dans les exemplaires bien conservés, et il est orné, comme le reste du test, de tubercules entre lesquels se trouvent de nombreux granules. La partie voisine du sommet, vu son exiguïté, ne porte point de tubercules.

Ambulacres pairs antérieurs logés dans des sillons étroits et médiocrement creusés ; ils sont courts, droits, ouverts à l'extrémité, et comptent seize paires dans notre plus grand exemplaire, et treize ou quatorze dans les autres. Chaque paire de pores est dans un sillon, séparée de la paire voisine par un bourrelet orné de trois ou quatre granules serrés et relativement gros. Les pores sont allongés, presque égaux, acuminés à la partie interne. L'espace interzonaire est aussi large que l'une des zones, finement granuleux, d'apparence nue dans les exemplaires usés.

Ambulacres postérieurs un peu plus courts que les antérieurs, mais présentant la même disposition; ils comptent deux ou trois paires de moins.

Les aires interambulacraires, à la face supérieure, sont très ornées ; elles portent de nombreux tubercules et l'espace restreint qu'ils laissent entre eux est couvert d'une granulation très dense. L'aire impaire est légèrement carénée.

Péristome situé assez près du bord, relativement grand, presque arrondi. Il n'y a point de lèvre saillante et encore moins de bec acuminé en arrière; mais tout le pourtour est bordé d'une sorte de bourrelet, ou mieux d'ourlet replié, avec la suture des plaques bien marquée. Les pores ambulacraires reparaissent en petit nombre à l'entour et les tubercules y sont serrés.

Périprocte de proportions moyennes, placé en haut de la troncature postérieure. Il y a un fasciole sous-anal, très distinct et large sur les côtés.

Un de nos exemplaires porte encore à la partie inférieure un radiole adhérent à son tubercule. Il est long de 4 millimètres, mince, avec bouton très saillant et crénelé ; toute la surface est couverte de stries longitudinales très fines.

Rapports et différences. Le *Micraster Sanctæ Mauræ* a de grandes analogies avec le *M. breviporus*, et les premiers exemplaires que nous avons rencontrés nous ont paru être les jeunes de cette espèce. Mais nous avons bientôt été frappés de la constance de leur petite taille ; car l'exemplaire de 27 millimètres frappe les yeux au milieu des autres, qui sont tous plus petits; quelques-uns même ne dépassent pas 10 millimètres. En y regardant de plus près, nous avons reconnu que le péristome est tout différent. Au lieu de la lèvre postérieure proéminente et acuminée que montrent tous les exemplaires du *M. breviporus*, les nôtres n'ont qu'un cercle replié, sans proéminence et sans lèvre

détachée. Le sommet est aussi moins excentrique en avant dans notre espèce. Les ambulacres sont à peu près semblables ; néanmoins la partie interzonaire est relativement moins large, et, par suite, les zones porifères sont plus développées ; les bourrelets qui séparent les paires de pores sont plus fortement granuleux. Nous nous servons pour terme de comparaison d'un *M. breviporus* dont la longueur n'excède pas 22 millimètres. C'est une petite taille qu'il n'est pas facile de rencontrer, tandis que c'est la dimension du plus grand nombre des individus du *M. Sanctæ Mauræ*. Les différences que nous avons indiquées sont frappantes dans ces exemplaires de même taille. Ce petit *M. breviporus* a déjà la lèvre postérieure du péristome fort saillante ; le sommet est très excentrique en avant, et la partie postérieure est plus élargie.

Localité. Sainte-Maure, près de Troyes, Couvrot (Marne). — Dans la partie supérieure de la craie marneuse à *Inoceramus labiatus*.

Collections Peron, Gauthier.

Explication des figures. — Pl. VI, fig. 1, *Micr. Sanctæ Mauræ*, de la collection Gauthier, face supérieure ; fig. 2, le même, face inférieure ; fig. 3, autre exemplaire, ambulacres agrandis ; fig. 4, exemplaire de grande taille, de la collection Peron, profil ; fig. 5, face supérieure ; fig. 6, bouche grossie.

Micraster Beonensis Gauthier, 1885.

Pl. VI, fig. 7—9, et pl. VII, fig. 1—2.

Longueur... 46^{mm} largeur... 44^{mm} hauteur... 34^{mm}

Espèce de taille moyenne, à pourtour à peine cordiforme, relativement peu élargie en avant, arrondie et médiocrement tronquée en arrière. Partie antérieure plutôt onduleuse qu'échancrée. Partie postérieure oblique, arrondie en haut, rentrante à la base. Partie inférieure assez uniformément renflée. Le profil longitudinal donne, pour la face supérieure, le point culminant un peu en arrière du sommet ; de là, une courbe à grand rayon jusqu'au bord postérieur, tandis que la partie antérieure offre un méplat très déclive. Sommet central.

Appareil apical présentant le développement et les proportions ordinaires au genre *Micraster* ; quatre pores génitaux. Le madréporide occupe le centre, écarte les plaques génitales postérieures et s'avance presque jusqu'à leur limite externe.

Ambulacre impair logé dans un sillon à peine sensible, n'entamant que très peu le bord ; il est un peu mieux défini dans la partie supérieure. Zones porifères de moyenne largeur, composées d'abord d'une quinzaine de paires assez rapprochées ; puis les plaques porifères s'élargissent de plus en plus, et les paires, toujours situées à la base même de la plaque, s'écartent en conséquence, mais restent toujours bien visibles. L'espace interzonaire, qui croît en largeur du sommet au bord antérieur, est toujours plus large que l'une des zones.

Ambulacres pairs antérieurs courts, logés dans des sillons peu creusés, ouverts à l'extrémité. Zones porifères assez larges, comptant environ vingt-cinq paires de pores. Les paires, placées dans un sillon à la base des plaques, sont séparées entre elles par un bourrelet étroit, orné d'une rangée de granules. Pores médiocrement développés, les externes acuminés, les internes ronds. La partie interzonaire est un peu plus large que l'une des zones, et l'extrémité

des plaques qui l'occupent est assez étroite et médiocrement renflée ; on n'y voit ni la bande lisse, ni le renflement granuleux qui caractérisent d'autres espèces du genre. La suture longitudinale est elle-même peu accusée, et ne forme pas cette raie creuse qu'on remarque dans la plupart des *Micraster*.

Ambulacres postérieurs encore plus courts que les antérieurs, portant une vingtaine de paires. Les sillons, étroits et à peine creusés près du sommet, s'effacent graduellement, de sorte que l'extrémité de la partie pétalloïde est à fleur de test.

Péristome assez rapproché du bord fortement labié en arrière ; il n'y a d'autre dépression autour de cet organe que celle du sillon antérieur, qui est assez sensible.

Périprocte ovale, placé en haut de l'aire oblique et rentrante qui forme la face postérieure, environ à moitié de la hauteur totale du test. La partie supérieure surplombe cette aire anale, sans cependant former un rostre.

Tubercules nombreux, disséminés sur tout le test, petits pour le genre. Les intervalles sont remplis par une granulation très fine. Le fasciole sous-anal est peu marqué, mais il existe incontestablement ; il est large et sinueux à la base.

Rapports et différences. L'espèce que nous décrivons ici est intermédiaire par ses caractères zoologiques et en même temps par la position stratigraphique qu'elle occupe, entre le *M. breviporus* et le *M. cor testudinarium*. Elle se rencontre à un horizon supérieur au premier et ne dépasse pas les premières couches où apparaît le vrai type du second. Comparé au *M. breviporus*, le *M. Beonensis* est plus arrondi, moins polygonal; la partie antérieure est plus uniformément déclive dès le sommet ; le périprocte est relativement moins haut, puisqu'il est placé à moitié de la hauteur totale, tandis que dans la forme déprimée du *M. breviporus* il est au moins aux deux tiers; les ambulacres n'ont pas, entre les zones porifères, cette bande lisse ou finement granuleuse, mais toujours plate, qui caractérise l'espèce inférieure ; le fasciole est moins fortement marqué. Le *M. cor testudinarium* est plus étalé en avant, plus vite rétréci et tronqué plus carrément en arrière ; la face postérieure n'est pas rentrante comme dans notre *M. Beonensis*. Les ambulacres sont plus larges, plus développés; la partie interzonaire des plaques porifères est plus saillante ; les plaques sont plus larges, et la suture médiane est marquée par une raie profonde qui n'existe pas sur nos exemplaires. Le fasciole est plus marqué et moins sinueux.

M. Bucaille a décrit sous le nom de *M. intermedius* une espèce qui n'est pas sans analogie de forme avec celle qui nous occupe. L'espèce normande occupe un horizon géologique bien plus élevé ; le sommet est moins central, les pores sont différents, le fasciole plus accusé. La physionomie générale rapproche aussi notre espèce de l'*Epiaster brevis* de M. Barrois. Mais, sans parler du fasciole, peu apparent sans doute, réel néanmoins, que porte notre type, il ne nous est pas possible de l'assimiler complètement à celui de M. Barrois, puisqu'il déclare le sien identique à celui de Paderborn (1). Il suffit de jeter les yeux sur les proportions et les figures données par M. Schlüter pour reconnaître que ses exemplaires sont beaucoup plus larges et plus renflés que les nôtres, et que leurs ambulacres sont beaucoup plus développés. Quant au rapprochement de l'*Ep. Schlüteri* Coquand *(Ep. brevis* Schlüter), qu'il provienne

(1) Terrain crétacé des Ardennes, p. 409.

de Paderborn ou de Vervins, avec le type de Villedieu, nous partageons complètement l'opinion de M. Lambert (1) : il ne nous paraît pas possible. Nous ne comprenons pas comment M. Barrois a pu être entraîné à dire de cet Échinide qu'il n'a pas de fasciole. Nous en avons recueilli nous-mêmes près d'un cent, sur place ; nous en avons examiné un plus grand nombre encore, de provenance certaine, et tous, sans aucune exception, portent le fasciole caractéristique du genre *Micraster*. Il y a là une confusion, due, sans doute, à quelques mélanges dans les collections. Ce n'est que depuis quelques années que les géologues se sont mis à attacher une importance sérieuse aux divers horizons et localités des *Micraster* ; d'Orbigny les confondait presque tous : on a fait comme lui, et il faut beaucoup se défier aujourd'hui des anciennes étiquettes.

LOCALITÉ. Béon, près de Joigny, au-dessus du *M. breviporus* et *cor bovis*, au-dessous et à la base du *M. cor testudinarium*. M. Peron l'a recueilli dans la même position à la Grange-au-Rez, dans une petite carrière sur la route de Troyes à Sens. On trouve à Armeau (Yonne), à Saint-Julien du Sault, au même niveau, des exemplaires qui se rapprochent beaucoup de notre nouveau type, beaucoup plus certainement que du *M. breviporus* ou du *cor testudinarium*. M. Cotteau ne les a pas séparés de ce dernier ; M. Lambert les désigne, en hésitant, sous le nom d'*Ep. brevis*, comme ceux de la craie de Vervins ; nous n'osons pas les assimiler complètement au *M. Beonensis*, parce que nous trouvons la partie antérieure un peu plus élargie, et la partie postérieure un peu moins rentrante. Il nous faudra recueillir de nouveaux matériaux pour donner une solution certaine.

EXPLICATION DES FIGURES. — Pl. VI, fig. 7, *Micraster Beonensis*, de la collection Peron, profil ; fig. 8, le même, face supérieure ; fig. 9, face inférieure, exemplaire provenant de Béon. — Pl. VII, fig. 1, exemplaire de la Grange-au-Rez, profil ; fig. 2, face supérieure.

EPIASTER RENATI Gauthier, 1885.

Pl. VI, fig. 3-5.

Longueur... 54mm largeur... 50mm hauteur... 36mm

Espèce cordiforme, plus longue que large, à pourtour subanguleux, sensiblement échancrée en avant, rétrécie et médiocrement tronquée en arrière. Face supérieure élevée, ayant sa plus grande hauteur un peu en arrière du sommet, fortement déclive de chaque côté, relevée et carénée à la suture médiane de l'interambulacre postérieur, très rapidement déclive en avant. Face inférieure renflée, creusée à l'endroit du péristome. Sommet central.

Appareil apical peu développé. Quatre pores génitaux, dont les postérieurs sont à peine plus écartés que les antérieurs. Le madréporide n'est pas de grande dimension ; il occupe le centre, et écarte à peine les plaques génitales postérieures, sans en atteindre le bord externe.

Ambulacre impair logé dans un sillon évasé et peu profond, échancrant néanmoins assez fortement l'ambitus. Zones porifères assez larges, comprenant une vingtaine de paires depuis le sommet jusqu'à l'endroit où elles cessent d'être régulières. Les pores sont inégaux, l'externe assez allongé, acuminé à la partie qui regarde l'interne ; celui-ci plus rond, bien ouvert ; ils sont séparés par un renflement granuliforme. L'espace qui sépare les paires porte

(1) Note sur l'étage turonien de l'Yonne, p. 22.

deux ou trois rangées horizontales de granules aplatis et mal alignés; l'espace interzonaire est à peine aussi large que l'une des zones.

Ambulacres pairs antérieurs logés dans des sillons assez creusés sans être profonds, droits, ouverts à l'extrémité des pétales. Zones porifères larges, comprenant environ trente paires de pores. Les paires sont dans un sillon assez creusé, et par conséquent séparées par un bourrelet saillant et étroit, mais de largeur double dans la partie interzonaire où la plaque n'est plus amoindrie par le sillon qui joint les pores. Une rangée de granules peu distincte couvre le bourrelet ; la partie élargie en compte sans doute deux, mais il est difficile de les discerner nettement, quoique nos exemplaires soient bien conservés. Pores inégaux, l'externe plus allongé et acuminé, l'interne plus arrondi. L'espace interzonaire égale à peine la largeur d'une des zones, et la suture médiane est marquée par une ligne creuse dans toute la longueur du pétale.

Ambulacres postérieurs conformes aux antérieurs, un peu moins larges et plus courts, car ils ne comptent que vingt-deux paires.

Péristome placé près du bord antérieur. Le sillon de l'ambulacre impair se creuse en y aboutissant, ce qui fait que la lèvre postérieure est très saillante. Le plastron n'offre rien de particulier. Les avenues ambulacraires postérieures qui le bordent sont larges, à fleur de test, ou légèrement déprimées, selon les individus.

Périprocte peu développé, ovale, situé en haut de la troncature postérieure, à peu près à moitié de la hauteur totale du test.

Tubercules petits, assez nombreux, disséminés sur toute la surface du test, plus développés à la face inférieure, et plus gros autour du péristome que sur le plastron interambulacraire. Il n'y a aucune trace de fasciole.

Rapports et différences. L'*Ep. Renati*, à part l'absence complète de fasciole sous-anal, a la physionomie des *Micraster*. Il y a donc lieu de le comparer tout d'abord à l'espèce que M. Schlüter avait nommée *Ep. brevis*, par suite d'une confusion, et que Coquand a désignée sous le nom d'*Ep. Schlüteri*. Aussi bien notre espèce occupe le même horizon dans la craie. Elle se distingue de l'espèce du Pläner de Paderborn par sa forme plus anguleuse, moins large à la partie postérieure, beaucoup plus rapidement déclive en avant ; par la carène plus accentuée de l'aire interambulacraire postérieure, par son sillon échancrant plus fortement l'ambitus, par ses ambulacres pairs moins longs, car dans l'*Ep. Schlüteri*, ils comptent 35 et 29 paires de pores, tandis que dans nos exemplaires il n'y en a que 30 et 22. Notre test est sensiblement plus long que large, quand c'est le contraire qu'indiquent les proportions si soigneusement mesurées par le savant allemand. M. Schlüter dit, en outre, que le test de son *Ep. brevis* rappelle la forme de l'*Holaster subglobosus*, ce qui ne convient nullement à la physionomie de nos exemplaires. Il nous paraît donc impossible de confondre les deux espèces. Notre *Epiaster* se rapproche beaucoup plus du *M. cor testudinarium*, et nous nous trouvons ici en présence d'une question qui attire particulièrement l'attention des échinologistes depuis quelque temps : la présence du fasciole sous-anal est-elle un fait constant dans la même espèce ou bien des variétés locales portent-elles cet organe, qu'on ne trouve pas, sur la même espèce, dans une autre localité ? Le problème est intéressant, et nous nous attachons particulièrement à recueillir des matériaux abondants pour le résoudre un jour. Mais nous ne sommes pas encore en mesure de nous prononcer, et d'ailleurs nous ne disposons pas ici de la place nécessaire pour une telle discussion. Nous nous contenterons de signaler les quelques différences

qui, outre l'absence complète du fasciole, séparent l'*Ep. Renati* du *M. cor testudinarium*. Nous avons sous les yeux un assez grand nombre d'individus de cette dernière espèce, de provenances diverses, et de même taille que notre *Epiaster*. Celui-ci a la carène interambulacraire plus saillante que tous les *Micraster* que nous lui comparons ; le périprocte est placé un peu plus bas, et les pores de l'ambulacre impair diffèrent sensiblement, car ils sont plus développés et plus allongés. Nous possédons un *M. cor testudinarium* recueilli dans la même carrière et à peu près au même horizon. Les différences que nous venons d'indiquer, d'après une comparaison avec de nombreux individus, se maintiennent très bien, et le fasciole sous-anal est fortement accusé. L'argument de variété locale n'aurait donc aucune valeur dans le cas présent.

Localité. La Grange-au-Rez, près de Troyes ; Thème, près de Joigny. — A la base de la zone à *M. cor testudinarium*, et au-dessus du *M. breviporus*.

Collection Peron.

Explication des figures. — Pl. VII, fig. 3, *Epiaster Renati*, de la collection Peron, profil; fig. 4, le même, face supérieure; fig. 5, face inférieure.

M. G. COTTEAU

Président de la Société géologique de France.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉCHINIDES DU TERRAIN JURASSIQUE DE LA FRANCE

— *Séance du 14 août 1885* —

Cinq cent vingt-cinq espèces d'Échinides ont été recueillies dans le terrain jurassique de la France. Décrites et figurées dans la *Paléontologie française* avec tous les détails de leur organisation, ces espèces sont très inégalement distribuées dans les divers étages. Peu nombreuses encore dans les couches inférieures, moyennes et inférieures du Lias, elles acquièrent un grand développement dans l'étage bajocien, où elles sont représentées par vingt et un genres et quatre-vingt-six espèces. La progression des Échinides suit son cours dans l'étage bathonien, qui présente beaucoup de rapports avec l'étage bajocien et renferme cent quarante-trois espèces réparties en trente-trois genres différents : c'est assurément l'étage jurassique le plus riche en Échinides et où ces animaux revêtent les formes les plus variées. Indépendamment des vingt et un genres qui s'étaient montrés à l'époque bajocienne, douze nouveaux genres font leur apparition, et parmi eux que de types curieux dont il serait bien difficile d'indiquer l'origine et l'enchaînement : les *Metaporhinus* et les *Dysaster*,

qu'aucun caractère ne relie assurément aux types précédents; le genre *Cidaropsis*, dont les formes sont si élégantes et si nettement tranchées; le genre *Glypticus*, toujours si facile à reconnaître à la structure bizarre et déchirée de ses tubercules!

La faune échinitique est plus restreinte à l'époque callovienne. Les récifs madréporiques qui, aux époques bajocienne et bathonienne, avaient été si favorables au développement des Échinides, ont disparu; les mers sont moins étendues, probablement plus profondes, et les dépôts qui s'accumulent sur les rivages sont plus marneux. L'étage callovien ne renferme que trente-huit espèces réparties en seize genres, qui tous ont fait leur apparition aux époques précédentes. L'un des plus abondants en espèces et surtout en individus est le genre *Collyrites*, qui se plaît principalement dans les stations vaseuses. L'époque oxfordienne ne présente rien de particulier, et le nombre des espèces n'est que de soixante-quatorze, distribuées en vingt-deux genres, qui tous avaient déjà fait leur apparition.

Pendant l'époque corallienne, les Échinides se multiplient de nouveau avec profusion; les récifs madréporiques prennent une extension qu'ils n'avaient pas encore montrée; ils occupent de grands espaces et favorisent sur des points nombreux le développement des espèces propres aux stations coralligènes. Plusieurs types nouveaux fort intéressants prennent naissance à cette époque : le genre *Grasia*, dont la forme allongée, acuminée en avant, subrostrée en arrière, est si étrange; les genres *Desorella* et *Pseudodesorella*, que leur aspect transverse, plus large que long, sépare nettement des autres genres; les *Pileus*, si rares en France et qu'on rencontre beaucoup plus abondants et au même niveau dans le terrain jurassique du Portugal; le genre *Cyphosoma*, si peu nombreux encore et qui deviendra si répandu à l'époque crétacée; les genres *Acropeltis* et *Phymechinus*. Plusieurs de ces types sont propres à l'étage corallien et lui impriment un caractère spécial. Parmi les genres déjà connus, quelques-uns atteignent leur apogée : les espèces de *Cidaris* sont au nombre de trente; on compte vingt-six *Pseudodiadema* et treize *Hemicidaris*.

A partir de l'étage corallien supérieur, les conditions favorables aux Échinides se modifient; le nombre des espèces diminue; plusieurs genres disparaissent; aucun type nouveau ne se produit. L'étage kimméridgien ne renferme plus que quarante-huit espèces réparties en dix-sept genres et l'étage portlandien vingt-neuf seulement appartenant à douze genres; le plus nombreux en espèces est le genre *Hemicidaris*, qui offre dix espèces dans l'étage kimméridgien et dix dans l'étage portlandien. Ce genre, essentiellement jurassique, ne présente plus dans le terrain crétacé que de très rares individus et ne tarde pas à disparaître complètement.

Les cinq cent vingt-cinq espèces d'Échinides rencontrées dans le terrain jurassique de la France appartenant à cinquante genres. Il est intéressant de suivre à travers les étages l'évolution de ces divers genres, de constater le point où ils prennent naissance, celui où ils ont atteint le maximum de leur développement, celui où ils ont disparu. Cette distribution des genres est d'autant plus intéressante à constater que si, avant l'époque jurassique, dans le terrain triasique, d'assez nombreuses espèces d'Échinides ont été signalées, leurs genres sont cependant très peu variés, et c'est en quelque sorte de l'époque jurassique que date le véritable épanouissement des Échinides. En France, les couches jurassiques sont très étendues, très riches en fossiles. Dans les mers tranquilles, peu profondes, parsemées d'îles nombreuses, autour des récifs madréporiques si puissants à de certaines époques, les animaux marins, les Échinides notamment rencontrèrent des conditions éminemment, favorables et se sont multipliés avec profusion sous les formes les plus variées.

Sur les cinquante genres que renferme le terrain jurassique, vingt-cinq paraissent jusqu'ici spéciaux à cette formation, et les vingt-cinq autres se retrouvent dans la formation crétacée. Presque tous s'éteignent avec les dernières couches crétacées ; les genres *Pyrina*, *Cidaris*, *Cyphosoma*, *Stomechinus* seuls pénètrent dans le terrain tertiaire, et dans les mers actuelles les cinquante genres jurassiques ne sont plus représentés que par les genres *Cidaris* et *Stomechinus*. En raison de sa persistance, le genre *Cidaris* est assurément l'un des plus curieux à noter ; il existait déjà à l'époque du Trias ; il est répandu dans tous les étages du terrain jurassique, du terrain crétacé, du terrain tertiaire, et aujourd'hui encore il habite la plupart de nos mers. Autour de lui tous les genres disparaissent ; toutes les formes se modifient, et seul il franchit la série innombrable des couches, laissant partout de nombreuses espèces, mais conservant intacts ses caractères génériques.

M. P. DE LORIOL

A Crassier (Vaud, Suisse).

COUP D'ŒIL D'ENSEMBLE SUR LES CRINOÏDES RECUEILLIS DANS LES COUCHES JURASSIQUES DE LA FRANCE

— *Séance du 14 août 1885* —

Je viens de terminer la description des Crinoïdes jurassiques de la France, dont la publication se poursuit dans la *Paléontologie française*,

et je voudrais exposer rapidement les résultats généraux auxquels m'a conduit cette étude.

Le nombre total des espèces que j'ai pu, jusqu'ici, déterminer et décrire, se monte à 209, sur lesquelles il en est 86 qui sont nouvelles pour la science. Ce chiffre est relativement considérable, et, si j'ai pu l'obtenir, c'est parce que les Crinoïdes que renferment les musées et les collections particulières de la France m'ont été communiqués avec la plus grande obligeance, et ont été laissés à ma disposition pendant tout le temps, malheureusement assez long, dont j'ai eu besoin pour les étudier.

Ce chiffre de 209 espèces, sans parler des découvertes futures, ne correspond certainement pas à l'état actuel de nos connaissances sur les Crinoïdes jurassiques de la France. D'abord, il est, sans nul doute, plusieurs collections qui me sont demeurées inconnues, et dont les possesseurs n'ont pas eu connaissance de l'appel que le comité de la Paléontologie française a adressé au sujet des Crinoïdes. En outre, j'ai pu constater, par des débris, que plusieurs autres espèces de Crinoïdes ont vécu dans les mers jurassiques, mais leur existence n'est encore indiquée que par la présence de fragments trop incomplets pour pouvoir préciser leurs caractères et les décrire.

Dans les divers étages du lias on a recueilli, en France, trente et une espèces de Crinoïdes.

Onze dans l'étage bajocien.

Vingt-sept dans l'étage bathonien.

Dans l'étage callovien, trois seulement.

Dans l'étage oxfordien, cinquante-sept.

Dans l'étage corallien ou séquanien inférieur, comprenant les couches à *Cidaris florigemma*, trente-huit.

Dans l'étage séquanien, quarante et une.

Une seule, enfin, dans l'étage portlandien.

Les magnifiques travaux de M. Cotteau, terminés cette année même, nous ont fait connaître toute la série des Échinides répandus dans les diverses couches jurassiques de la France ; ils sont au nombre de 527.

Il n'est pas sans intérêt de comparer entre eux les chiffres d'apparitions d'espèces que présentent les Échinides, et ceux que présentent les Crinoïdes, dans les divers étages.

Dans le lias, 46 espèces d'Échinides font leur première apparition, contre 31 espèces de Crinoïdes ; relativement aux chiffres généraux, la proportion des Crinoïdes est bien plus forte que celle des Échinides.

En revanche, dans l'étage bajocien, les choses changent du tout au tout. 84 espèces nouvelles d'Échinides apparaissent, et seulement 11 espèces de Crinoïdes, presque deux fois plus des premiers que dans le lias, et trois fois moins des seconds.

Dans le bathonien, le nombre des Échinides, si considérable déjà dans le bajocien, augmente encore, et arrive à 110 espèces qui font leur première apparition, ce qui est le chiffre le plus élevé dans la série des étages. Pour les Crinoïdes, le nombre des nouvelles apparitions, si faible dans l'étage bajocien, double dans l'étage bathonien et arrive à 27.

Pendant le dépôt du callovien, les Échinodermes ne trouvent pas des circonstances favorables; cependant, 24 espèces d'Échinides nouvelles apparaissent encore, mais seulement 3 espèces de Crinoïdes.

Dans les couches oxfordiennes, un fait curieux se produit : le nombre des apparitions nouvelles est presque égal pour les Crinoïdes et pour les Échinides, 57 pour les premiers et 63 pour les seconds; c'est dans cet étage que les Crinoïdes atteignent leur maximum de développement.

Dans le corallien, les Échinides reprennent vigoureusement le dessus, et comptent 94 espèces nouvelles, tandis qu'il n'apparaît que 38 espèces de Crinoïdes, presque trois fois moins.

Par contre, dans le séquanien, il est fort intéressant de constater que le nombre des espèces de Crinoïdes qui apparaissent pour la première fois est *plus considérable* que celui des Échinides, 41 espèces des premiers, contre 36 des seconds. Après cet effort suprême, les Crinoïdes disparaissent à peu près complètement; deux ou trois espèces très rares apparaissent seulement, tandis qu'il naît encore 54 espèces d'Échinides avant l'époque crétacée.

Une comparaison analogue peut être établie entre les Échinides et les Crinoïdes jurassiques de la Suisse, que j'ai fait connaître, les uns et les autres, il y a peu d'années. La proportion entre les Échinides et les Crinoïdes n'est pas très différente dans les deux régions, 225 espèces d'Échinides et 96 espèces de Crinoïdes (au lieu de 511 et de 209). Ces derniers dominent un peu plus. Envisagés dans leurs relations statigraphiques, on trouve que, en Suisse comme en France, c'est dans l'étage oxfordien que les Crinoïdes comptent le plus d'apparitions d'espèces, la proportion est à peu près exactement la même. Il y a, relativement, plus de Crinoïdes dans l'étage corallien en Suisse qu'en France, et il y en a, par contre, moins dans l'étage séquanien. Proportionnellement aux Échinides il y a, en Suisse, moins de Crinoïdes dans le bajocien et le bathonien qu'il n'y en a en France, et ils disparaissent aussi brusquement dans le premier de ces pays que dans le second, pendant les dernières couches jurassiques, tandis que les Échinides voient apparaître un nombre d'espèces à peu près semblable, peut-être un peu plus fort.

Il serait intéressant de pouvoir établir des comparaisons analogues pour d'autres régions, malheureusement les documents suffisamment précis nous manquent encore. Cependant on peut, dès à présent, conclure que, en général, les Crinoïdes ont apparu dans les divers niveaux du lias

avec une abondance relativement assez grande, mais qu'ils ne présentent pas, pendant le dépôt des couches bajociennes et bathoniennes, cet épanouissement si remarquable que nous offrent les Échinides, ils diminuent plutôt au lieu d'augmenter beaucoup. Le nombre des espèces est à son apogée dans l'étage oxfordien, elles se maintiennent relativement fort nombreuses pendant les dépôts coralliens et séquaniens, puis elles s'éteignent brusquement, et il n'en apparaît presque plus de nouvelles jusqu'à l'époque crétacée.

Passons maintenant rapidement en revue les familles et les genres entre lesquels se répartissent les Crinoïdes jurassiques de la France.

La famille des Eugéniacrinidées comprend de petites espèces dont le calice a plus ou moins l'aspect d'un clou de girofle; ce calice était supporté par une tige composée de peu d'articles qui adhérait fortement à quelque corps sous-marin.

Le genre *Eugeniacrinus* compte onze espèces, dont dix naissent dans l'étage oxfordien et n'en sortent pas, sauf une ou deux qui remontent plus haut. La onzième provient du lias moyen, mais, comme elle est encore incomplètement connue, il pourrait bien se faire que, en réalité, elle appartienne à un genre différent, qui serait à créer. Tel a été le cas, du reste, pour une autre espèce, fort curieuse, du lias moyen, provenant de l'admirable gisement de May, dans le Calvados. Elle avait été rapportée par les auteurs aux Eugéniacrines, mais j'ai dû établir pour elle le genre *Eudesicrinus*, parce qu'on a découvert des échantillons qui, plus complets, ont permis de constater que le calice n'est pas porté par une tige articulée, mais par une sorte de support, dont le sommet, composé peut-être de pièces basales soudées, pénétrait dans la base du calice.

Le genre *Phyllocrinus*, voisin des *Eugeniacrinus*, compte, en France, sept espèces, deux dans l'étage bathonien et cinq dans l'étage oxfordien.

Une des familles les plus curieuses est celle des Holopidées, qui vient ensuite. Elle a pour type le genre *Holopus*, dont l'espèce unique vit dans les mers profondes des Antilles et n'est encore connue que par un petit nombre d'exemplaires. Ce Crinoïde anormal a une hauteur totale d'environ 40 millimètres; il se compose d'un tube solide, compact, fixé par la base aux corps sous-marins, sur le bord duquel s'articulent des pièces radiales qui portent dix bras robustes, ordinairement enroulés au-dessus de la cavité centrale. Cette famille a été étudiée récemment, d'une manière extrêmement complète, par M. Herbert Carpenter. Elle compte des représentants dans le lias moyen de la France, qui a fourni quatre espèces appartenant au genre *Cotylecrinus*; elles devaient être assez semblables à l'*Holopus*, mais en diminutif, et l'on trouve assez fréquemment à May leurs petites cupules plus ou moins évasées. Le genre *Eudesicrinus*, dont il a été déjà question, appartient également aux Holopidées, de même qu'un autre genre très

anormal, le genre *Gymnocrinus*, que j'ai établi pour un Crinoïde de l'oxfordien, composé seulement d'une cupule sur laquelle se soudait une pièce axillaire unique portant deux bras.

La famille des Apiocrinidées comprend les Crinoïdes les plus beaux, les plus remarquables peut-être, de l'ère secondaire. J'ai déjà donné des détails à la section de Géologie, dans d'autres Congrès, sur les deux principaux genres de cette famille, les *Apiocrinus* et les *Millericrinus*, je n'y reviendrai donc pas. Je me contenterai de rappeler que les espèces du genre *Apiocrinus* trouvées en France sont au nombre de quinze, dont trois dans le bathonien, quatre dans le corallien, huit dans le séquanien et que, dans le genre *Millericrinus*, on en compte 64 dont les premières semblent dater du lias, à en juger par des tiges, et dont les dernières disparaissent dans l'étage séquanien, pendant lequel elles ont atteint leur maximum de développement.

Sous le nom de *Cyclocrinus*, j'ai réuni des espèces bien certainement distinctes, au nombre de neuf, appartenant à presque tous les étages. Elles ne sont connues que par des articles de leur tige, par conséquent très incomplètement, et on ignore encore leurs véritables affinités. Il est fort probable, dans tous les cas, que ces espèces appartiennent à la famille des Apiocrinidées.

Nous arrivons maintenant à la grande famille des Pentacrinidées, dans laquelle j'ai pu distinguer 71 espèces. Malheureusement, il en est beaucoup dont le calice est inconnu, qui ne sont représentées que par les tiges, et n'ont, par conséquent, qu'une valeur provisoire. Cependant, j'ai la conviction que, dans les limites dans lesquelles j'ai eu soin de rester, ces espèces sont bien, en réalité, parfaitement distinctes. Les caractères que peut fournir la tige des Pentacrinidées pour la distinction des espèces, et même des genres, ont certainement plus de valeur qu'on ne le supposait d'abord. L'étude des fossiles en fournit des preuves, mais celles que nous ont apportées les découvertes des dernières années, remarquablement exposées par M. Herbert Carpenter dans son « Rapport sur les Crinoïdes pédonculés de l'expédition du *Challenger* », ont une importance encore bien supérieure. Or, M. Carpenter a reconnu que les caractères fournis par la tige, sa forme, son ornementation, les proportions de ses articles, la structure de leur facette articulaire, l'écartement des verticilles des cirres, sont d'une haute importance au point de vue de la distinction des espèces vivantes, et il en est évidemment de même pour les espèces fossiles.

En général, les fragments de tiges des Pentacrinidées se trouvent assez abondamment sur un même point, et, avec quelque habitude, on peut souvent, sans trop de difficultés, reconnaître si certaines modifications observées doivent être attribuées au fait que les échantillons proviennent de régions différentes d'une même tige, ou bien si l'on doit les envisager

comme caractérisant des espèces différentes. J'ai été souvent frappé, en étudiant les matériaux très abondants qui m'ont été fournis par les Pentacrinidées jurassiques, de la constance que présentent les caractères des tiges, lorsqu'on examine des échantillons d'une même espèce, pris dans des localités différentes, et même à des niveaux différents. Aussi, je suis arrivé à la conviction, non seulement que le nombre des espèces décrites n'est pas trop considérable, mais qu'il est même trop faible, et qu'il en est encore plusieurs qui sont restées confondues avec d'autres, quoique distinctes, parce que les matériaux étaient insuffisants pour oser ériger en caractères distinctifs certaines modifications observées.

Dans mes précédents travaux, j'avais envisagé comme provisoires les groupes formés dans l'ancien genre *Pentacrinus* sous les noms de *Balanocrinus* et d'*Extracrinus*. Mes nouvelles études m'ont fait revenir de cett manière de voir et, m'appuyant aussi sur l'autorité de M. H. Carpenter, j'envisage ici les *Balanocrinus* et les *Extracrinus* comme constituant des genres bien définis.

Les *Pentacrinus* proprement dits sont parfaitement bien connus, maintenant que de nombreuses espèces ont été découvertes dans les mers actuelles, où, dans certaines régions, le fond est tapissé de ces animaux élégants, se balançant sur leurs longues tiges, munies de cirres flexibles, qui supportent un calice de petites dimensions, mais avec de longs bras qui retombent en panache, ou se redressent pour former un abri protecteur. Les couches jurassiques de la France ont fourni 43 espèces de *Pentacrinus*.

Les divers étages du lias en renferment douze, dont quelques-unes sont extrêmement répandues; le *Pentacrinus tuberculatus*, entre autres, dont on rencontre les tiges dans presque tous les gisements de l'étage sinémurien et qui est connu maintenant d'une manière complète.

Il y en a huit dans l'étage bathonien; l'une d'elles, le *Pentacrinus Nicoleti*, est aussi bien connue maintenant, et l'on en trouve des individus complets, avec leur tige et leurs sommets, dans quelques gisements du Calvados.

Dans l'étage oxfordien, j'ai décrit dix espèces; mais, à partir de ce niveau, leur nombre diminue très rapidement. Il n'y en a plus que cinq dans le corallien, deux dans le séquanien, une dans le portlandien. Malgré cette décadence si rapide, le genre *Pentacrinus* s'est maintenu pendant toute l'époque crétacée, l'époque tertiaire, et il vient d'être dit qu'on en trouve plusieurs espèces dans les mers actuelles.

Les *Balanocrinus*, confondus pendant longtemps avec les *Pentacrinus*, doivent constituer un genre qui, ainsi que M. H. Carpenter vient aussi de le reconnaître, doit certainement être distingué, lors même que, par une sorte de fatalité, les parties les plus importantes de l'animal, le calice et

M. F. LEFORT

Conducteur des Ponts et Chaussées, à Nevers.

RECHERCHES SUR L'AGE RELATIF DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE FAILLES DU NIVERNAIS (1)

TABLEAU N° 1.

TABLEAU DES TERRAINS AFFLEURANT A L'OUEST DU MORVAN, D'APRÈS LEUR ORDRE DE SUPERPOSITION STRATIGRAPHIQUE.

APPELLATION des étages.	ÉPAISSEUR MOYENNE et approximative de chaque étage.	ÉPAISSEUR MOYENNE et approximative des zones d'un étage.	NUMÉROS DES ZONES.	CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES.
Pliocène quaternaire contemporain.	»	»	1	Dépôts charriés par les courants diluviens; gros poudingues $=gp$; sable $=s$; argile remaniée $=a$; cailloux calloviens remaniés sur place $=cc$.
Miocène.	»	»	2	Calcaires et marnes blanches ou verdâtres.
Parisien.	»	»	3	Calcaires blancs; gros cailloux; meulières. Argile avec minerai de fer.
Bathonien.	120	8	34	Calcaire dur à entroques surmonté de calcaires oolithiques.
		35	35	Marnes à ciment de Nevers; marnes blanches alternant avec calcaires à Pholadomya Vezelayi.
		3	36	Argile jaune très fossilifère.
		6	37	Calcaire compact argileux jaune.
		30	38	Alternances de calcaires jaunes et de marnes très argileuses.
		35	39	Marnes bleuâtres ou calcaire très argileux gris et se délitant souvent en feuillets.
		1	40	Minerai de fer de Vandenesse et Sermoise.

(1) Ce Mémoire fait suite au travail publié par M. Lefort dans le Compte rendu du Congrès de Blois, en 1884.

APPELLATION des étages.	ÉPAISSEUR MOYENNE et approximative de chaque étage.	des zones d'un étage.	NUMÉROS DES ZONES.	CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES.
Bajocien.	16	15	41	Calcaire dur à entroques, avec taches jaunes.
		1	42	Banc dur, gris et pyriteux ; minerai de fer de Gimouille.
Toarcien.	71	10	43	Alternances d'argile bleue et calcaire également bleu et très dur.
		50	44	Mêmes alternances, mais en strates plus épaisses.
		10	45	Couches argileuses à Posidonomya.
		0.50	46	Dalles ferrugineuses, lumachelles à Amm. Normanianus.
Liasien.	90	10	47	Calcaire dur, gris.
		60	48	Massif bleu et pyriteux.
		15	49	Calcaire à ciment de Corbigny.
		5	50	Calcaire et marnes blanches à Amm. armatus.
Sinemurien.	100	25	51	Au sommet, phosphates blancs et très légers ; en dessous, calcaires bleus à O. arcuata.
		20	52	Calcaire blanc, remarquable par l'abondance de Gastéropodes ; foie de veau de l'Yonne. Grès siliceux de Saint-Reverien.
		20	53	Calcaire gris alternant dans le haut avec cargneules et marnes vertes et souvent dolomitique.
		35	54	Grès siliceux au sommet ; calcaires avec grains de quartz passant en bas à l'arkose plus ou moins grossière.
Keuper. — Saliférien.	71	10	55	Grès siliceux micacés, rougeâtres ou gris.
		60	56	Dolomie fibreuse ; argilolithes rouges, avec noyaux gris ; grès minces, fissiles, blancs ; dolomie cristalline ; plâtre amorphe ; griffes siliceuses au travers de couches d'argile rouge, marbrée de blanc.
		1	57	Calcaire jaune, suivi de moellons cristallins dolomitiques et d'un cordon de quartz.

APPELLATION des étages.	ÉPAISSEUR MOYENNE et approximative de chaque étage.	des zones d'un étage.	NUMÉROS DES ZONES.	CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES.
Permo-carbonifère.		50	58	Grès bariolés, arénacés, rouges et blancs.
		1	59	Schistes noirâtres, à l'état de grès siliceux fossilifères.
		150	60	Grès grossiers et rougeâtres, avec gros morceaux de feldspath ou de porphyre.
		250	61	Grès à teinte plus claire que les précédents et moins grossiers, fossilifères.
		450	62	Schistes et grès avec couches de houille.
		600	63	Schistes argileux, verdâtres, à Avrée; noirs et durs, à Savigny; très fossilifères.
Dévonien.			64	Marbres de Diou; schistes et calcaires entre Saint-Aignan et Bourbon-Lancy.
Silurien.			65	Horizon cambrien.—Schistes micacés et amphiboliques; quartzites et marbres de Châtel-Perron et Saint-Léon.
			66	Horizon archéen. — Schistes quartzeux noirs de Luzy?

ROCHES AZOIQUES.

APPELLATION DES ROCHES.	MARQUES SPÉCIALES.	OBSERVATIONS.
Roches diverses.		Barytine = Ba; grès porphyriques = gr. p.
Quartzites.	Q.	Quartz d'épanchement en filons ou en nappes sur les porphyres.
Granit gneissique.	G. gn.	
id. ordinaire.	G.	
id. porphyroïde.	G. P.	
Hyalophyres.	H.	
Pétrosilex.	Pet.	
Porphyre quartzifère.	P. Q.	
id. orthosique noir.	P. O.	

TABLEAU N° 2.

LISTE DES FOSSILES RENCONTRÉS DANS LES TERRAINS AFFLEURANT A L'OUEST DU MORVAN.

Zone n° **1.** Animaux contemporains de l'homme.

Zone n° **2.** Lutra Valetoni (Geoffroy). — Steneofiber Viciacensis (Gervais). — Crocodilus Rollinati (Gray). — Helix Moroguesi (Brongn.). — Lymnea pachygaster (Sandb.); longiscata (Brongn.); pyramidalis (Brard). — Paludestrina conica (d'Orb.); pusilla (id.). — Pupa. — Planorbis rotundatus (Brongn.); planulatus (Desh.). — Cyclas. — Tubes de phryganes. — Graines de Chara medicaginula.

Zone n° **3.** Acerotherium pleuroceros (Kaup.); lemanense (Brain). — Anthracotherium magnum (Cuvier). — Dremotherium Feignouxi (Geoffroy). — Helix Ramondi (Marcel de Serres); phacodes (Sandb.) — Cyclostoma elegans antiquum (Brongn.).

Zone n° **34.** Pleurotomaria strobilus (Deslonc.). — Nerinea elegantula (d'Orb.). — Pholadomya ovulum (Agass.); Murchisonæ (Sow.). — Lyonsia peregrina (d'Orb.); latirostris (id.). — Thracia Viceliacensis (id.). — Ceromya striata (d'Orb.). — Mitylus imbricatus (id.); glaucus (id.). — Lima Hippia (d'Orb.); interstincta (id.); rigidula (id.); proboscidea (id.). — Lucina bellona (Morr. et Licet.). — Avicula costata (Schmith); echinata (Sow.). — Pecten obscurus (Sow.); vagans (id.); laminatus (id.); Luciensis (d'Orb.). — Ostrea costata (Sow.); Amor (d'Orb.); obscura (id.); bathonica (d'Orb.); Knorri (Zieten); Luciensis (d'Orb.). — Rhynchonella quadriplicata (d'Orb.); Hopkinsi (Davidson); concinna (d'Orb.); Zieteni (id.). — Terebratula orbicularis (Sow.); intermedia (id.); obovata (id.); coarctata (Park.); ornithocephala (Sow.); royeriana (d'Orb.). — Berenicea undulata (d'Orb.). — Terebellaria ramosissima (Lam.); antilopa (id.). — Aspendesia cristata (Lam.). — Chrysaora damæcornis (Lamouroux); radiata (d'Orb.). — Dysaster bicordatus (Agass.); Montapinus (Ebray). — Nucleolites clunicularis (Blainv.). — Holectypus depressus (Agass.). — Pseudo-diadema subcomplanatum (d'Orb.). — Acrosalenia spinosa (Agass.). — Hemicidaris icaunensis (Cotteau). — Cidaris bathonica (id.); Davoustiana (id.). — Pentacrinus Buvignieri (d'Orb.); Nodotianus (id.). — Cyclocrinus precatorius (id.). — Ceriopora ramosa (d'Orb.); conifera (Mich.). — Monticulopora globosa (d'Orb.). — Hippalimus cymosus (d'Orb.). — Stellispongia stellata (d'Orb.). — Eudea pistilliformis (d'Orb.); lagenaria (id.); lycoperdoïdes (id.). — Serpula cristata. — Galeolaria ramosa (Coq. et Pictet). — Dents de Sauriens.

Zone n° **35.** Ammonites procerus (Seebach). — Natica actea (d'Orb.). — Panopea Delia (d'Orb.); galdrina (id.). — Pholadomya Vezelayi (Lajoye); gibbosa (d'Orb.); Varusensis (id.); galdrina (id.). — Anatina ægea (d'Orb.); actea (id.). — Tellina agatha (d'Orb.). — Cyprina antiope (d'Orb.); arethusa (id.); Beaumonti (id.). — Trigonia angulata (Sow.). — Corbis Lajoyei (d'Archiac). — Arca subminuta (d'Orb.). — Thracia lens (id.). — Lucina Orbignyana (d'Archiac). — Pinna Luciensis (d'Orb.); bathonica (Cotteau). — Avicula costata (Schmith). — Rhynchonella Zieteni (d'Orb.). — Acrosalenia spinosa (Agass.) — Pentacrinus Nodotianus (d'Orb.). — Anabatia orbulites (d'Orb.). — Cryptocænia Luciensis (d'Orb.). — Ceriopora conifera (Michelin).

Zone n° **36.** Belemnites bessinus (d'Orb.). — Ammonites linguiferus (d'Orb.); microstoma (id.); discus (id.); subdiscus (id.); polymorphus (id.); arbustigerus (id.); procerus (Seebach); Herveyi (Sow.). — Turbo Labadyei (d'Orb.). — Nerinea Voltzii (Deslonch.). — Pterocera Wrigtii. — Pleurotomaria Thalia (d'Orb.). — Panopea securiformis (d'Orb.); decurtata (id.). — Pholadomya acuticostata (Sow.); Murchisonæ (id.); Bolina (d'Orb.) — Lyonsia peregrina (d'Orb.). — Lavignon mactroïdes (d'Orb.). — Thracia Viceliacensis (d'Orb.). — Cardium citrinoïdium (id.). — Isocardia minima (Sow.). — Lithodomus. — — Lima gibbosa (d'Orb.). — Mitylus Sowerbyanus (d'Orb.); gibbosus (id.). — Pecten comatus (Munster). — Heligmus. — Rhynchonella Zieteni (d'Orb.); concinna (id.). — Terebratula ovoïdes (Zieten); digona (Sow.). — Dysaster bicordatus (Agass.). — Nucleolites clunicularis (Blainv.). — Apiocrinus Parkinsoni (d'Orb.). — Ceriopora conifera (Mich.). — Berenicea diluviana (Lamouroux).

Zones nos **37** et **38.** Mêmes fossiles que dans la zone no 36 qui précède et avec autant d'abondance.

Zone no **39.** Belemnites bessinus (d'Orb.); fusiformis (Quenstedt).—Ammonites hecticus (Reineck); procerus (Seebach); ferrugineus (Oppel.); biflexuosus (d'Orb.); Wurtembergica (Oppel.). — Pholadomya angulifera (d'Orb.); ovulum (Agass.). — Lima Hellica (d'Orb.). — Arca Elea (id.). — Pecten annulatus (Sow.). — Ostrea Knorri (Zieten).

Zone no **40.** 1o Des couches bathoniennes : — Belemnites bessinus (d'Orb.); fusiformis (Quenstedt). — Ammonites procerus (Seebach); polymorphus (d'Orb.). — Pholadomya ovulum (Agass.); angulifera (d'Orb.). — Pecten comatus (Munster).

2o Des couches bajociennes : — Belemnites unicanaliculatus (Hartmann); giganteus (Schloth). — Nautilus lineatus (Sow.). — Ammonites polymorphus (d'Orb.); subradiatus (d'Orb.); garantianus (id.); dimorphus (id.); corrugatus (Sow.); propinquans (Bayle); oolithicus (d'Orb.); zigzag (id.); Martinsii (id.); pseudo-anceps (Ebray); Murchisonæ (Sow.); Deslonchampsii (Defrance); Parkinsoni (Sow.); Humphriesianus (id.); Baylei (Oppel.); Niortensis (d'Orb.). — Ancyloceras Sauzeanus (d'Orb.). — Eucyclus ornatus (d'Orb.). — Chemnitzia turris (d'Orb.); lineata (id.). — Natica bajocensis (d'Orb.). — Turbo bellona (d'Orb.); bathis (id.); belia (id.). — Pleurotomaria conoïdea (Desh.); Ebrayana (d'Orb.); Palemon (id.); bessina (id.): Proteus (id.). — Panopea jurassi (d'Orb.). — Pholadomya fidicula (Sow.). — Lyonsia abducta (d'Orb.). — Astarte trigona (Desh.); obliqua (id.); modiolaris (id.). — Trigonia costata (Park.). — Unicardium incertum (d'Orb.). — Cypricardia cordiformis (Desh.). — Arca oblonga (Goldf.); elongata (d'Orb.). — Mitylus reniformis (d'Orb.). — Pecten articulatus (Schloth.); saturnus (d'Orb.). — Gervilia consobrina (d'Orb.). — Ostrea Gibriaci (Martin). — Hemithyris spinosa (d'Orb.). — Rhynchonella garantiana (d'Orb.); angulata (id.); Theodori (Schloth.); fimbria (Sow.); bajociana (d'Orb.). — Terebratula Phillipsii (Davidson); sphæroïdalis (Sow.); carinata (Deslonch.); emarginata (Sow.); ventricosa (Hartmann); Ferryi (Deslonch.); perovalis (Sow.); Waltoni (Davidson); fylgia (Oppel.)— Dysaster Eudesii (Agass.); ringens (id.).— Holectypus Devauxianus (Cotteau). — Discocyathus Eudesii (Edw.). — Anabatia bajociana (d'Orb.).

Zone no **41.** Belemnites unicanaliculatus (Hartmann); giganteus (Schloth.); brevirostris (d'Orb.); sulcatus (Miller). — Nautilus clausus (d'Orb.); lineatus (Sow.) — Ammonites insignis (Schub.); Gervillei (Sow.); Sauzei (d'Orb.); Truellei (id.); Brocchii (Sow.); Sowerbyi (Miller); Edouardianus (d'Orb.); Humphriesianus (d'Orb.). — Chemnitzia turris (d'Orb.). — Trochus Zetes (d'Orb.). — Pleurotomaria constricta (Desl.); Alimena (d'Orb.). — Panopea calceiformis (Phillips); navis (d'Orb.); æquata (id.); sinistra (id.); subelongata (id.). — Lyonsia abducta (d'Orb.). — Ceromya bajociana (d'Orb.). — Pholadomya triquetra (Agass.); siliqua (id.). — Trigonia striata (Sow.). — Arca Diana (d'Orb.). — Unicardium Calliope (id.). — Lucina Zieteni (d'Orb.). — Mitylus subasperus (d'Orb.). — Opis similis (d'Orb.). — Lima proboscidea (Sow.); semicircularis (Goldf.); sulcata (Munster); striatula (id.); Helena (d'Orb.); Hersilia (id.); gibbosa (Sow.); lunularis (Desh.). — Avicula digitata (Deslonch.). — Pecten hedonia (d'Orb.); virguliferus (Phillips); silenus (d'Orb.).— Hinnites tuberculatus (d'Orb.).— Ostrea Marshii (Phillips); subcrenata (d'Orb.); sulcifera (Phillips); polymorpha (d'Orb.).— Rhynchonella bajociana (d'Orb.). — Terebratula Kleinii (Lam.); conglobata (Desl.); garantiana (d'Orb.); infraoolithica (Desl.); submaxillata (Davidson); lata (Sow.).— Diastopora normaniana (d'Orb.). — Entalophora bajocina (id.). — Intricaria bajocensis (id.). — Pygaster semisulcatus (Agass.). — Nucleolites Sarthacensis (d'Orb.). — Holectypus subdepressus (id.). — Hyboclypeus Theobaldi (de Loriol). — Galeropygus sulcatus (Cotteau). — Pseudodiadema depressum (Agass.). — Cidaris Courteaudina (Cotteau); Zscokkei (Desor). — Rhabdocidaris anglo-suevica (Seebach). — Eunomia Babeana (d'Orb.). — Eudea attenuata (id.). — Stephanocœnia Bernardiana (id.). — Prionastrea Bernardiana (id.). — Serpula socialis (Goldf.); torquata (Quenstedt); flaccida (id.).

Zone no **42.** 1o Des couches bajociennes : — Ammonites Murchisonæ (Sow.). — Pholadomya fidicula (Sow.). — Diastopora incrustans (d'Orb.).

2o Des couches toarciennes : — Belemnites irregularis (Schloth.); Quenstedti (Oppel.); breviformis (Voltz); pyramidalis (Zieten). — Ammonites radians (Schloth.); variabilis

(d'Orb.); Tyrolensis (Von Hauer); opalinus (Reineck). — Trigonia pulchella (Agass.); costellata (id.). — Ostrea. — Pecten dextilis (Munster); subulatus (id.); Phillis (d'Orb.); velatus (Goldf.). — Plicatula catinus (Deslonch.). — Terebratula crithea (d'Orb.); Jauberti (Deslonch.).

Zone nº **43.** Belemnites tripartitus (Schloth.); Quenstedti (Oppel.); breviformis (Voltz).— Ammonites Aalensis (Zieten); Thouarsensis (d'Orb.); jurensis (Zieten); metallarius (Dum.). —Panopea oblonga (d'Orb.). —Pholadomya Solliesensis (Dum.).— Lyonsia rotundata (d'Orb.). — Arca elegans (d'Orb.).— Lima Eudora (d'Orb.); Galathea (id.). — Astarte subtetragona (Munster). — Ostrea sublobata (Ebray); Sarthacensis (d'Orb.); vallata (Dum.). — Rhynchonella fidia (d'Orb.).

Zone nº **44.** Belemnites unisulcatus (Blainv.); stimulus (Dum.). —Nautilus semistriatus (d'Orb.). — Ammonites complanatus (Brug.); mucronatus (d'Orb.); Raquinianus (id.); discoides (Zieten); bifrons (Brug.); concavus (Sow.); cornu copiæ (Young.); heterophyllus (Sow.). — Calypso (d'Orb.); radiosus (Seebach); mactra (Dum.); mucronatus (d'Orb.); Holandrei (id.). — Cerithium armatum (Goldf.). — Natica Pelops (d'Orb.).— Turbo capitaneus (Munster); subduplicatus (d'Orb.). — Pleurotomaria Isarensis (d'Orb.). — Pholadomya Zieteni (Agass.); subangulata (d'Orb.). — Leda rostralis (d'Orb.). — Nucula subglobosa (Rœmer); Hammeri (Def.); Eudoræ (d'Orb.). —Lima gigantea (Desh.). —Cyprina antiqua (d'Orb.).— Astarte subelongata (d'Orb.); complanata (Rœm.). —Lucina Gabrielis (d'Orb.); plana (Zieten). — Trigonia similis (Agass.). — Arca Ægea (d'Orb.). — Pecten pumilus (Lam.). — Gervilia Hartmanni (Munster). — Inoceramus dubius (Sow.). — Pentacrinus moniliferus (Munster). — Thecocyathus mactra (Edw. et Haime).

Zone nº **45.** Belemnites unisulcatus (Blainville). — Ammonites bifrons (Brug.). — Posidonomya Bronnii (Voltz).

Zone nº **46.** 1º Des couches toarciennes: — Belemnites pyramidalis (Zieten).— Ammonites Levesquei (d'Orb.); mercati (Von Hauer); annulatus (d'Orb.). — Chemnitzia.

2º Des couches liasiennes:— Belemnites ventroplanus (Voltz); niger (Lister). — Ammonites Normanianus (d'Orb.). — Pleurotomaria rustica (Deslonch.); princeps (id.). — Trochus elongatus (d'Orb.); Emylius (id.). — Astarte fontis (Dum.). — Lima Eucharis (d'Orb.). — Cypricardia terea (d'Orb.). — Pecten Julianus (Dum.). — Plicatula Parkinsoni (Bronn.). — Terebratula resupinata (Sow.). — Écailles de poissons.

Zone nº **47.** Belemnites paxillosus (Voltz); niger (Lister); umbilicatus (Blainv.). — Ammonites margaritatus (Montfort); amaltheus (Schloth.); spinatus (Brug.). — Panopea Jauberti (Dum.); elongata (Rœmer); glabra (d'Orb.); meridionalis (Dum.).—Pholadomya ambigua (Sow.); obliquata (Phillips).—Lyonsia unioïdes (d'Orb.); Unicardium janthe (d'Orb.). — Cypricardia terea (d'Orb.).— Nucula cordata (Goldf.) — Limea acuticostata (Munst.). Lima inæquistriata (id.); Hermanni (Voltz). — Thracia lata (d'Orb.). — Pinna inflata (Chapuis et Dewalque). — Mitylus scalprum (d'Orb.). — Pecten æquivalvis (Sow.); disciformis (Zieten); acuticostatus (Sow.). — Hinnites Davæi (Dumortier). — Avicula papyria (Quenst.); substriata (d'Orb.). — Inoceramus ventricosus (d'Orb.). — Ostrea gigantea (Sow.); sportella (Dum.). — Rhynchonella tetraedra (d'Orb.); furcellata (id.); acuta (id.). Spiriferina Hartmanni (d'Orb.). — Terebratula Moorei (David.); cornuta (id.); quatrifida (Lam.); Mariæ (d'Orb.); punctata (Sow.); subpunctata (Davidson).

Zone nº **48.** Belemnites clavatus (Blainv.). — Ammonites amaltheus (Schloth.). — Trigonia navis (Lam.). — Inoceramus ventricosus (d'Orb.). — Plicatula spinosa (Sow.). — Avicula substriata (d'Orb.); calva (Schloth.). — Cidaris Morierei (Cotteau).

Zone nº **49.** Belemnites elongatus (Miller); niger (Lister); umbilicatus (Blainv.); Charmoutensis (Mayer); alter (id.); armatus (Dum.). — Ammonites Taylori (Sow.); Loscombi (id.); Davæi (id.); Bechei (id.); Buvignieri (d'Orb.); Jamesoni (id.); Valdani (id.); [illegible]piter (id.); fimbriatus (Sow.); Alisiensis (Reynès); Regnardi (d'Orb.). — Trochus [illegible]bricatus (Oppel.). — Cypricardia caudata (d'Orb.). — Mitylus scalprum (d'Orb.) — [illegible]ma Koninckana (Chapuis et Dew.). — Pecten acutiradiatus (Goldf.)— Hinnites liasicus [illegible]erquem). — Avicula calva (Schloemb.). — Terebratula numismalis (Lam.). — Pentacrinus basaltiformis.

Zone nº **50.** 1º Des couches liasiennes: — Belemnites breviformis (Voltz); alter [illegible]iller). — Ammonites armatus (Sow.); Bechei (id.). — Pleurotomaria expansa (d'Orb.).

— Lyonsia unioïdes (d'Orb.). — Pleuromya Toucasi (Dum.). — Lima Hermanni (Voltz); punctata (Desh.). — Unicardium janthe (d'Orb.). — Pecten acuticostatus (Sow.).

2° Des couches sinemuriennes : — Belemnites acutus (Miller); Oppeli (id.). — Ammonites liasicus (d'Orb.); Scipionianus (id.). — Panopea striatula (d'Orb.); liasina (id.). — Pholadomya glabra (d'Orb.); idea (id.). — Ostrea arcuata (Sow.); obliquata (id.); Macculochii (id.). — Rhynchonella variabilis (d'Orb.).

Zone n° **51.** Belemnites acutus (Miller). — Nautilus striatus (Sow.). — Ammonites rotiformis (Sow.); conybeari (id.); stellaris (id.); bisulcatus (Brug.); geometricus (Oppel.); tardicrescens (Von Hauer); tortilis (Reynès); Birchii (Sow.); nungaricus (Von Hauer). — Æduensis (Charmasse); Falsani (Dum.); Charmassei (d'Orb.); Sauzeanus (id.). — Chemnitzia Phidias (d'Orb.). — Pleurotomaria cæpa (Deslonc.); gigas (id.); anglica (Def.); Marcousana (d'Orb.). — Panopea liasina (d'Orb.); striatula (id.); Galathea (id.); crassa (id.). — Pholadomya Idea (d'Orb.); ventricosa (id.); fortunata (Dum.); glabra (Agass.). — Astarte Gueuxii (d'Orb.). — Lyonsia Doris (d'Orb.). — Thracia subrugosa (Dunker). — Cardinia securiformis (Agass.); hybrida (id.); sublamellosa (d'Orb.); sinemuriensis (id.); crassiuscula (id.). — Pinna Hartmanni (Zieten). — Myoconcha spatula (d'Orb.). — Unicardium Hesione (d'Orb.); cardioïdes (id.). — Mitylus Gueuxii (id.). — Lima edula (d'Orb.); Echo (id.); Gueuxii (id.); Eryx (id.); succincta (Schloth.). — Avicula sinemuriensis (d'Orb.). — Pecten Hehlii (d'Orb.); sabinus (id.); Philoclès (d'Orb.); textorius (Schloth.); dispar (Terquem). — Ostrea arcuata (Sow.); cymbium (id.); electra (d'Orb.); arietis (Quenst.). — Rhynchonella variabilis (d'Orb.). — Spiriferina Walcotii (d'Orb.); pinguis (id.). — Terebratula Marsupialis (Schloth.); causoniana (d'Orb.); pyriformis (Desl.). — Cidaris pilosa (Cotteau). — Pentacrinus tuberculatus (Miller); subsulcatus (Munst.).

Zone n° **52.** Ammonites Sauzeanus (d'Orb.). — Turbo triplicatus (Martin). — Chemnitzia Zenkeni (d'Orb.). — Natica. — Turritella unicarinata (Quenstedt); Deshayesia (Terquem). — Mitylus Morrisi (Oppel.). — Unicardium cardioïdes (d'Orb.). — Pentacrinus angulatus (Oppel.).

Zone n° **53.** Ammonites planorbis (Sow.); angulatus (Schloth.); Johnstoni (Sow.); caprotinus (d'Orb.). — Trochus granum (Dum.). — Mitylus psilonoti (Quenstedt); Lucina arenacea (Terquem). — Ostrea sublamellosa (Dunker). — Pentacrinus psilonoti (Quenst.). — Isastrea intermedia (de Ferry). — Montlivaltia sinemuriensis (d'Orb.); Rhodana (de Ferry). — Vertèbres et dents d'Icthyosaurus communis. — Pattes du crustacé : Eryma Falsani (Dum.).

Zone n° **54.** Turritella. — Pleurotomaria rotundata (Dum.). — Pholadomya prima (Quenst.). — Cypricardia Breoni (Martin); porrecta (Dum.). — Unicardium cardioïdes (d'Orb.). — Cardinia depressa (Quenstedt). — Pecten Valoniensis (Def.). — Avicula sideloci (Martin). — Hinnites velatus (Goldf.). — Ostrea irregularis (Munster). — Neuropora mammillata (de Fromentry). — Astrocœnia sinemuriensis (id.). — Empreintes de végétaux : Clathopteris plathyphylla (Goppert). — Otozamites latior (de Saporta).

Zone n° **55.** Néant.

Zone n° **56.** Empreintes végétales non déterminables. —. Écailles de poissons.

Zone n° **57.** Néant.

Zone n° **58.** Néant.

Zone n° **59.** Empreintes végétales : Walchia pinniformis (Sternb.). — Cordaites. — Fougères : Sphenopteris Decheni (Weiss).

Zone n° **60.** Néant.

Zone n° **61.** Empreintes végétales semblables à celles de la zone suivante, mais moins bien faciles à déterminer.

Zone n° **62.** Empreintes végétales : Walchia pinniformis (Sternb.). — Pecopteris Cyathea (Schloth.); Pluckeneti (id.); polymorpha (id.); unita (id.); Biotii (Brongn.); dentata (id.). — Dictyopteris Schutzei (Rœm.); Brongniartii (Gutbier). — Alethopteris Grandini (Zenker); aquilina (Brongn.). — Odontopteris Reichiana (Gutbier). — Sigillaria. — Stigmaria ficoïdes (Geinitz). — Spenophyllum oblongifolium (Germer). — Asterophyllites equisetiformis (Schloth.). — Annularia sphenophylloïdes (Zenker); stellata (Schloth.). — Brukmannia tuberculata (Sternb.). — Codonospernum anomalum (Grand'bury). — Carpo-

lithes disciformis (id.). — Calamodendron cruciatum (Sternb.). — Calamites cannœformis (Schloth.). — Coprolites de poissons. — Annélide : Spirorbis carbonarius.

Zone nº **63.** Bellerophon sublœvis (Potiez). — Mitylus. — Aviculo-pecten. — Avicula vincta (Koninck). — Productus semistriatus (d'Orb.) ; semireticulatus (Koninck). — Spirifer glaber (Sow.) ; hystericus (Kon.) ; Sowerbyi (id.). — Chonetes variolata (Kon.) ; elegans. — Orthis resupinata (Martin) ; Michelini (Kon.) ; crenistria (d'Orb.). — Archæocidaris Nerei (Zu Munster). — Crustacé Phillipsia truncatula (Phillips) ; cypris.

Zone nº **64.** Hemithyris subwilsoni (d'Orb.). — Atrypa reticularis (Linné). — Orthis striatula (Schloth.). — Cyathophyllum ceratites (Goldf.).

Zone nº **65.** Néant.

Exposé. — La recherche des contours de l'îlot porphyrique dont un des flancs porte la ville de Saint-Saulge apportera aux propositions que j'ai émises sur les failles, une preuve encore plus frappante que celle tirée de l'étude du bornage du Morvan. On conçoit que je choisisse, pour confirmer ce que j'avance, les périmètres des roches azoïques, parce que la reconnaissance de ces terrains est facile et qu'aucune erreur n'est possible dans les constatations de leurs limites. Les crevasses séparatives peuvent se jalonner et leur orientation se détermine avec toute la précision désirable.

Les fractures existant dans les terrains sédimentaires sont moins faciles à suivre. Toutefois, un massif d'une grande importance offre, au milieu des couches déposées par les océans des anciens âges, la même commodité de détermination de ses limites. Il constitue un ensemble absolument siliceux et nettement tranché des assises calcaires qui l'environnent. Bien qu'appartenant à la fois aux deux époques nommées le keuper et le permo-carbonifère, néanmoins il forme un massif unique, et le même cataclysme a régi l'affleurement de toutes ses parties. La proximité de l'îlot porphyrique de Saint-Saulge en rattache naturellement l'étude à la description de celui-là, parce que les mêmes dislocations qui affectent l'un d'eux jouent également un rôle important dans l'autre.

Pour tous ces motifs, je réunis les observations relatives à ces deux affleurements dans un même chapitre, et je me borne à consacrer un alinéa spécial à chacun d'eux pour éviter toute confusion.

§ I. — DESCRIPTION DU MASSIF PORPHYRIQUE DE SAINT-SAULGE.

Ce massif azoïque se relie au Morvan par de nombreux affleurements porphyriques émergeant comme les îles d'un archipel au milieu des terrains sédimentaires. Les principaux de ces reliefs sont accusés : 1º à Champallement ; 2º de Corbigny à Chaumot et même jusqu'à Dirol, par Marigny-sur-Yonne ; 3º d'Ancray à l'Huis-au-Roy et à Sardy jusqu'à la Colancelle et Aunay ; 4º à Tavenay ; 5º à Thaveneau ; 6º enfin à Mont et Maré. On peut réunir cet ensemble souterrainement aux roches granitoïdes de Neuville-les-Decize, sur la rive gauche de la Loire, et je me pro-

pose plus tard de faire voir, dans ce nouveau massif, le trait d'union naturel du Morvan avec le plateau central, par Moulins-sur-Allier. Entre ces îles, les mers anciennes ont déposé leurs sédiments suivant un ordre splendidement révélateur de l'histoire géologique. Il suffit, pour s'en rendre un compte exact, de faire cette remarque, à savoir que le cambrien s'arrête à Saint-Léon, que le dévonien avance jusqu'à Bourbon-Lancy, que le permocarbonifère franchit la Loire, et que seul l'étage du lias inférieur paraît avoir traversé tout le département de la Nièvre en couvrant de ses couches la vallée actuelle du Bazois, dans laquelle il faut voir un haut-fond de l'océan sinemurien. Les dépôts sont orientés du sud vers le nord. Ils s'effectuaient successivement dans des golfes allongés et étroits qui devenaient des passes entre les récifs du continent affaissé. L'abaissement général de la région permit enfin, à l'origine de l'ère infraliasique, la réunion des eaux marines, séparées jusque-là par un barrage qui s'étendait de Rouy à Cervon. Ce fut le moment où l'envahissement des terres par les eaux fut le plus considérable. Un mouvement du sol en sens contraire commença aussitôt après. La falaise devait être abrupte à Saint-Saulge. La mer était subitement profonde au pied d'escarpements rapides. Le flanc oriental du Morvan s'inclinait, au contraire, plus doucement à la rencontre du thalweg. C'est pourquoi l'exhaussement lent des terrains inondés ne fut pas suffisant pendant la durée d'une seule formation pour faire émerger le barrage sur toute sa longueur. Un canal subsista jusqu'à la moitié de la période bajocienne, mais se rétrécissant continuellement. Pour ce motif, la largeur des apparitions du lias moyen est peu étendue à l'est de Saint-Saulge, l'étage toarcien se réduit à une traînée argileuse et les érosions postérieures n'ont conservé du calcaire à entroques que les trois témoins minuscules du Haut du Taix, de Montpillard et de Crux-la-Ville.

Sur le bord du Morvan, les mers bajociennes s'avancèrent seulement au droit de Sainte-Péreuse au sud de l'isthme et ne dépassèrent pas Anthien du côté du nord. Bien avant le commencement des âges bathoniens, la contrée aujourd'hui dénommée le Bazois était pour toujours conquise à la terre ferme. Cette explication est la seule qui rende compte de la présence des roches granitoïdes à peu de profondeur et portant directement l'infralias entre Cervon, Sardy et Rouy, ainsi que le keuper et les houilles de la Machine.

L'étude des failles va justifier ma manière de voir.

A l'est du massif azoïque deux crevasses gigantesques s'alignent parallèlement N. 10°. Toutes deux sont visibles près de Thory. L'une d'elles sépare, dans le bois d'Olcy, le bathonien de l'infralias supérieur, lequel, cantonné entre les deux fractures, heurte à l'ouest la pierre bleue à *Ostrea arcuata*. Je donne à cette première dislocation le nom de faille de Saint-

Révérien. La seconde, située à l'ouest de celle-ci, portera le nom de faille de Rouy.

A Champallement, la grande oolithe est toujours sur la même paroi de la fente de Saint-Révérien. La lèvre opposée montre les arkoses grossières de la base de la zone hettangienne portant l'église au sommet d'un ravin profond dont les talus sont le porphyre rouge quartzifère. De Champallement à Saint-Révérien, les strates bathoniennes et bajociennes se succèdent avec régularité ; les arkoses, au contraire, sont surmontées par les grès siliceux jusqu'à la fontaine du lavoir de Bonnefonds. En ce point, la faille de Saint-Révérien entre dans un filon de quartzites, sur le côté occidental desquels sont ouvertes de nombreuses sablières d'arène feldspathique. A quelques mètres de distance apparaissent subitement les séries toarciennes développées d'une façon admirable dans le ruisseau de la Vaucreuse. La fracture est délimitative du porphyre jusqu'au hameau de Challuée. En ce point, plusieurs failles viennent se rencontrer et donnent lieu à une nouvelle apparition de roches de quartz brun placées entre l'arène et les dalles à *Ostrea arcuata*. Ces dernières ont succédé rapidement aux argiles du lias supérieur par suite d'une crevasse dirigée N. 35° E., tandis qu'une autre dislocation courant N. 15° E. a fait reçuler le porphyre à Forcy et intercalé les grès hettangiens entre les deux fentes de Rouy et de Saint-Révérien. Mais ce désordre apparent cesse dès Forcy même. La faille de Rouy devient bornage de la roche azoïque jusqu'à Saint-Saulge, et les couches sinemuriennes sont arrêtées par le même système. Saint-Saulge est une localité que le géologue doit visiter avec la plus grande attention. Quatre grandes cassures y produisent sur un espace de quelques centaines de mètres les plus grandes perturbations. En gravissant la montagne de Montchenu à Nerveaux, on voit diminuer la largeur de l'affleurement sinemurien. Les strates sont renversées, l'infralias est de la zone à *Ammonites Johnstoni*. L'ensemble finit en pointe et se trouve pincé entre la faille de Rouy et une cassure alignée N. 9° E. qui vient de Decize. Celle-ci a sa paroi orientale occupée par les couches supérieures du lias moyen avec *Ostrea gigantea* et *Pecten æquivalvis*, mais à son tour cette formation disparaît tout à coup, et un four à chaux, installé au Haut du Taix, exploite les pierres à entroques de l'étage bajocien. Une faille N. 2° O., venant de Crux-la-Ville, s'accuse ici d'une façon singulière. C'est à elle qu'on doit, dans ces parages, la conservation des deux témoins du bajocien cités déjà à l'Autrevelle et à Saint-Saulge. Dans les carrières ou les talus, les roches sont émiettées, pour ainsi dire, par le nombre prodigieux de filières, qui s'entre-croisent suivant la direction des failles environnantes. Sur les parois, le basculement des assises s'est effectué suivant des inclinaisons inconcevables, comme on peut l'observer à la bifurcation des routes de Saint-Maurice et de Châtillon. Malgré toutes ces irrégularités

apportées à la succession des terrains, la faille de Rouy continue de borner le porphyre. C'est seulement après le ruisseau de l'étang de Ranceau qu'on voit la faille de Crux-la-Ville servir à son tour de limite à l'affleurement azoïque et cantonner à Varennes même l'arkose infraliasique dans une surface triangulaire. Toutefois, si on observe que l'arkose repose directement sur les porphyres avec une faible épaisseur, il en résulte un rejet très peu considérable des lèvres de cette faille; on doit attribuer toujours au même système de dislocation l'arrêt brusque des terrains déposés par les océans liasiques. Une des failles courant N. 64° O., dont j'ai parlé dans le chapitre précédent, replace le sinemurien entre les deux crevasses de Rouy et de Saint-Révérien. L'allure des terrains ressemble de nouveau à celui qu'on a observé au nord de Saint-Saulge, mais à peine a-t-on dépassé le bois des Boulas que des roches abruptes de porphyre saillissent au Domaine neuf. Le système de la faille de Decize, déjà vue à Saint-Saulge, se manifeste ici par une belle cassure que j'étudierai tout à l'heure et que je dénomme faille de la Copine. Elle sépare la roche azoïque des dalles de l'infralias supérieur des Cordas, et aussitôt après la traversée de la rivière de la Canne délimite à son tour l'arène feldspathique jusqu'au-delà de Rouy. Sa paroi orientale porte les grès du keuper depuis la Louagerie jusqu'au ruisseau de Trougny. Quant à la faille qui arrête au nord les rochers porphyriques, elle me paraît la continuation de celle orientée N. 55° E., à laquelle il faut attribuer l'affleurement imprévu du liasien à Chaumont, près de Nevers, et celui de l'oxfordien à Sauvigny-les-Bois.

Le porphyre du Domaine neuf n'a été qu'un accident peu appréciable dans la continuité des assises sinemuriennes comprises entre les deux failles de Rouy et de Saint-Révérien. On revoit ces couches apparaître à l'est des grès salifériens. Ici comme à Varennes, l'affleurement gréseux accuse une faible importance de la faille de la Copine, par rapport à l'effet du système des dislocations que j'ai continué à suivre depuis le bois d'Olcy. Au droit du village de Rouy, l'arène feldspathique n'est visible que sur une faible étendue; le massif azoïque finit en pointe d'une façon très apparente. Un autre système de fracture cause ce phénomène.

Afin de suivre une méthode rationnelle dans l'étude des contours du massif de Saint-Saulge, je crois devoir ramener le lecteur au premier point de départ à Champallement. Là, sur les berges des étangs qui portent le nom du pays, on voit les quartzites arrêter les porphyres et jalonner une faille orientée N. 9° E. que j'aurais pu déjà signaler dès le bois d'Olcy, où elle sépare le toarcien de la grande oolithe. J'appellerai cette faille: la faille de Saint-Franchy, parce qu'elle traverse ce bourg. Les blocs de quartz n'avancent pas jusqu'au bois, mais l'arrêt subit des grès siliceux, suivant l'alignement de la fracture, montre que cette faille est bien la cause du cantonnement de la zone hettangienne. Une observation vient

confirmer cette manière de voir. Près du domaine de la Colonne réapparaissent les quartzites dans la direction indiquée et constituant, comme à Champallement, la lèvre orientale de la faille. Un croisement avec une autre fracture a donné lieu à l'affleurement azoïque. L'orientation de la nouvelle fente N. 64° O. est celle d'un filon de barytine en saillie sur le sol même. Dès maintenant on peut dire que si les porphyres sont à très peu de profondeur sous les grès siliceux des bois de Saint-Révérien, à l'instar de ce qui se passe à Varennes sous les arkoses et à Rouy pour les assises supérieures du keuper, le véritable bornage du massif porphyrique est, au nord, le point de jonction de la crevasse de Saint-Franchy et de la faille de Saint-Révérien. A l'appui de cette assertion, il suffit de signaler qu'à Thory on retrouve les grès dans la forêt de Champallement et les rochers de quartzites qui ont roulé sur le bord du ruisseau des Vaux, tandis que du côté du sud, à partir de la Colonne, le porphyre est continu jusqu'à Rouy. Au milieu des grès, les deux reliefs de Champallement et de Thory sont les témoins d'un vallonnement primitif dont les creux ont été comblés par les seuls dépôts infraliasiques. Le sol était émergé dès le milieu de l'époque hettangienne entre Champallement et la Colonne, mais de chaque côté les océans continuèrent de baigner les falaises dont les failles actuelles déterminent les emplacements.

La fracture de Saint-Franchy est limitative du porphyre sur 600 mètres de longueur au sud de la Colonne; sur la lisière de la forêt, près du domaine le Bois-du-Verne, on rencontre encore les arkoses, puis le porphyre, qui s'avance à l'ouest vers la Caritaderie. Pour se rendre compte de ce nouvel incident, il est bon de retourner à la fontaine de Bonnefonds, où l'arène feldspathique heurtait les grès siliceux de Saint-Révérien. En suivant la lisière azoïque depuis le lavoir alimenté par la fontaine jusqu'aux dalles du lias moyen à *Pecten æquivalvis*, dont les strates sont exploitées sur les rives du ruisseau de la Resse, on n'est pas peu surpris de la direction rectiligne du bornage des grès et il est facile de tracer la fente orientée N. 35° E., dont on voit les rejets des lèvres assez bien accusés un peu plus loin, vers Saint-Benin-des-Bois. Aussi nommerai-je cette dislocation : crevasse de Saint-Benin-des-Bois.

La roche azoïque, en dehors de la faille de Saint-Franchy, n'a plus l'aspect porphyrique; elle montre un *facies* granitoïde très accentué, qu'on peut étudier dans l'espace compris entre le bois du Verne, la Caritaderie et Saint-Martin. Il est vrai qu'à Saint-Franchy même aboutit également la faille dirigée N. 2° O., qui est si facile à suivre par Oisy et Chevannes-Changy et conserve une importance très appréciable sur les bords de la Loire, près de la gare de Decize, où sa lèvre occidentale porte les calcaires infraliasiques qui surmontent les sablons kaoliniques. Je parlerai, dans un chapitre spécial, de cette faille de Chévannes, au sujet de laquelle Ebray

est tombé dans une grave erreur, qui rend absolument faux ses calculs relatifs aux dénudations. Toutefois, à Saint-Martin, je ne puis passer sous silence l'influence collective des deux dislocations de Saint-Franchy et de Chevannes. Elles pincent, dans leur intervalle, un îlot de calcaire infraliasique resserré entre les argiles liasiennes de la tuilerie de Sainte-Marie et les arkoses, qui rendent raboteux le sol des bois de Saint-Saulge jusqu'à la fontaine de Fontenotte.

Les arkoses sont arrêtées à leur tour par la grande crevasse courant N. 64° O. qui sépare à Moulins-Engilbert le toarcien du lias inférieur. Elles ne forment pas un dépôt parfaitement continu, mais on les voit en maints endroits reposer directement sur les porphyres quartzifères de la montagne des Bruyères, et on peut s'assurer, ici comme à Champallement, de leur peu d'épaisseur.

Les dalles à *Ostrea arcuata* de la Resse sont placées entre la faille de Chevannes et le massif feldspathique et ne sont plus interrompues jusqu'à Jailly, malgré la fracture de Moulins-Engilbert, ce qui prouve péremptoirement que cette crevasse apporte un trouble très léger dans l'allure de la contrée. De la Resse à Saxi-Bourdon, la séparation du porphyre avec les dépôts marins offre une direction bien rectiligne orientée N. 24° O. La faille qui donne lieu à ce phénomène, et que j'appellerai faille de Saxi-Bourdon, est accompagnée d'une autre gerçure parallèle aboutissant au château de Vesvres, près Rouy. Cette dernière n'offre nulle part une grande dénivellation de ses parois; toutefois, au sud de Saxi-Bourdon elle devient à son tour et brusquement limite du porphyre qui s'avance à l'ouest par suite de la rencontre d'une autre fracture du système aligné N. 35° E. Elle mérite alors d'autant plus l'attention qu'elle concourt avec la faille de la Copine à former la pointe méridionale du massif azoïque.

Si on fait maintenant la synthèse des observations qui précèdent, on ne remarque pas sans étonnement la simplicité du contour de l'ensemble feldspathique. Ce grand récif, au milieu des océans liasiques, peut être envisagé comme formant un triangle ayant ses sommets à Champallement, Saint-Martin et Rouy. La saillie des granits de Saint-Franchy, aussi bien que l'ablation de la partie occupée par le keuper à Rouy, sont des singularités accidentelles et dues aux systèmes des failles plus récentes de Saint-Benin-des-Bois et de la Copine. Dans cette hypothèse, les trois systèmes délimitatifs du massif sont orientés N. 10° O. sur le côté oriental, N. 9° E. sur le côté du nord-ouest et N. 24° O. sur le troisième côté.

A l'appui de cette idée, je fais observer que près de Saint-Franchy se trouve le seul point de la limite occidentale où affleure le liasien, en raison de l'exhaussement postérieur d'une contrée recouverte par les eaux.

Je me borne à ces remarques pour le moment. Les conclusions seront tirées dans les chapitres suivants. Je mets toutefois en relief les phéno-

mènes qui doivent plus tard servir à la détermination de l'âge des cataclysmes, au fur et à mesure qu'ils se présentent dans la description des régions choisies. On conçoit que les déductions seront plus faciles quand je n'aurai plus qu'à citer les observations déjà signalées.

§ II. — DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE TRIASIQUE DE LA MACHINE.

J'ai appelé précédemment l'attention sur la facilité de relier entre eux les émergements porphyriques du Morvan, de Saint-Saulge et de Neuville-les-Decize. Après la description des failles parallèles et orientées N. 35° E. qui traversent le second de ces trois massifs, il convient de dire que suivant l'orientation des dislocations du même système paraissent alignés non seulement les îlots azoïques, mais aussi les terrains les plus anciens. On le comprendra facilement quand j'aurai dit que le keuper apparaît seulement entre la crevasse dirigée par Billy et Azy-le-Vif et une autre fente aboutissant à Decize, laquelle délimite d'une façon très nette le sinemurien du liasien vers Niault et Frasnay, le long de la rive occidentale du Morvan. C'est également dans cet intervalle qu'est compris l'ensemble des terrains de la Machine appartenant aux étages salifèrien et permocarbonifère. Dans la vallée du Bazois, la formation sinemurienne a seule le privilège de constituer la surface du sol. Si quelques îlots dépendant du lias moyen se montrent en de rares points, c'est uniquement dans la direction du thalweg profond, dont j'ai parlé, au pied des flancs abrupts du récif de Saint-Saulge et qui n'a émergé complètement qu'au milieu de la période bajocienne. La conséquence de cette observation est très importante. Les hauts-fonds des mers sont indiqués par l'emplacement des terrains anciens, lesquels ont été réunis les premiers à la terre ferme. L'orientation de la chaîne sous-marine est donc bien différente du relief actuel qui constitue la ligne de partage des eaux des bassins de la Loire et de la Seine, puisque celui-ci, dirigé par Poussignol-Blismes et Saint-Révérien, se rapporte exactement au système des failles courant N. 64° O. L'exhaussement de la crête séparative des deux fleuves recouverte des dépôts jurassiques est certainement plus moderne que l'émergement des terrains triasiques. On déduit de là tout naturellement que le dernier système des failles qui font reculer à l'est le Morvan près de Moulins-Engilbert, appartient à un cataclysme plus récent que celui auquel on doit le système des dislocations dirigées N. 35° E.

Ebray, qui croyait, avec tous les auteurs, que le Morvan résulte d'une éruption post-crétacée, attribuait à ce phénomène unique toutes les failles de la Nièvre. Il en concluait que la cause déterminante des limites du bassin de la Seine et de celui de la Loire doit être recherchée dans ce qu'il appelle la région anticlinale des dislocations (*Études géolog.*

sur le département de la Nièvre, page 132). Il me paraît utile de signaler combien une telle interprétation est contraire à mes observations.

Cette explication me permet maintenant d'envisager avec plus de netteté l'ensemble triasique. Les difficultés que j'ai dû vaincre en l'explorant étaient considérables. Je n'aurais pas réussi au gré de mes désirs si M. Busquet, directeur de la Machine, n'avait mis avec une grande bienveillance à ma disposition les cartes et les observations de tous ses travaux de mine; je lui en exprime toute ma reconnaissance.

C'est à Billy que se trouve la pointe septentrionale du massif. Des bois épais ne permettent pas une étude exacte. Toutefois, aux abords de ce bourg, le long de la route nationale, on peut étudier aisément un certain nombre de failles dont la présence bien constatée va permettre de tracer ensuite le périmètre cherché. La fracture la plus occidentale est celle que nous avons vue précédemment à Olcy et à Saint-Franchy. Alignée N. 9° E., elle délimite, depuis le domaine de Rosange jusqu'au fleuve, les dépôts liasiques et les grès keupériens ou permiens. Sa direction est facile à jalonner. La différence d'aspect des grès siliceux et des calcaires compacts rend toute erreur impossible. En effet, les formations triasiques sont toutes dépourvues de calcaire à l'état ordinaire de carbonate. Le keuper seul en présente quelques traces, mais dans les parties des dalles colorées en jaune. Le carbonate de chaux et le fer ont été introduits dans la pierre postérieurement à son dépôt, par les émanations provenant des crevasses. C'est à l'état dolomitique que le calcaire se trouve communément dans les assises salifériennes; il y est alors facile à constater, parce qu'il se présente toujours sous la forme cristalline ou fibreuse. Toutefois cette seconde manifestation me paraît jusqu'à présent spéciale à deux localités situées dans la Nièvre, au voisinage des roches azoïques, savoir : à Montapas et sur la rive gauche de la Loire, à Guenabre, près de l'embouchure de la Dornette. L'état cristallin, au contraire, est apparent à toutes les hauteurs dans l'étage et constitue des bancs de moellons durs et caverneux.

La formation keupérienne débute toujours par des assises puissantes de grès micacés et siliceux. En dessous se succèdent des argiles rouges, passant souvent à la couleur blanche, et des dalles gréseuses intercalées elles-mêmes au milieu de strates d'argilolithes également rouges et marbrés de gris, ou dans la pâte desquels se trouvent des noyaux d'argile blanche. Le gypse constitue plusieurs lits séparés par des bancs gréseux ou magnésiens. Je n'ai pas connaissance de source salée indiquant la présence des argiles salifères. Rien n'est variable comme la constitution de cette zone moyenne. On ne trouve pas la même coupe dans deux puits à plâtre. Aussi est-ce à cause d'une connaissance imparfaite du niveau de chacune de ces assises qu'on n'est pas en mesure de préciser toujours si les couches de gypse sont situées supérieurement ou inférieurement. La base du keuper

est une série de bancs de moellons caverneux qui sont séparés des grès supérieurs permiens par un cordon de quartz également à l'état de moellons. Je ne connais dans cet étage qu'un horizon réellement fossilifère en plaquettes minces alternant avec les argilolithes. Ces grès contiennent de grandes quantités d'écailles de poissons. De plus, leurs surfaces montrent en relief des empreintes végétales, mais malheureusement trop mal conservées pour pouvoir être déterminées.

L'étage permocarbonifère comprend l'horizon permien et l'horizon carboniférien, lesquels ont une forme identique. Il commence par des grès bariolés de rouge et de blanc, comme les argiles salifériennes. Ces grès, déjà arénacés à leur sommet, deviennent plus grossiers inférieurement et passent à une véritable arkose dans laquelle sont de gros morceaux de feldspath et même de porphyre. Mais, entre ces deux aspects pétrographiques, se trouve intercalée une couche de grès noirâtres très minces et ressemblant presque à des schistes, laquelle constitue un horizon extraordinairement intéressant. En effet, bien qu'épaisse à peine de $0^{m},80$, cette zone est singulièrement fossilifère et permet de récolter tous les spécimens de la flore permienne. Les grès permiens que j'appelle arkoses porphyriques fournissent un niveau bien constant. Ils sont continués par d'autres grès plus fins et d'une teinte toujours plus claire que les précédents. Les nouvelles assises sont moins riches en empreintes que les schistes dont j'ai parlé, mais offrent encore fréquemment la possibilité d'étudier les végétaux de cette époque. Enfin, le terrain houiller se présente à son tour, caractérisé par ses grès passant aux schistes et contenant les couches de la houille combustible.

Cette nomenclature rapide du terrain triasique de la Nièvre, que je n'avais pas encore décrit, était nécessaire pour permettre au lecteur de reconnaître les véritables limites du massif de la Machine et de suivre la belle faille de Saint-Franchy, qui en effectue le bornage occidental. Malheureusement toute exploration cesse sur la rive gauche du fleuve; un épais manteau de terrain tertiaire dérobe la fracture aux regards jusque bien au-delà de la limite du département.

La seconde des dislocations traverse le village de Billy. Elle porte le lias moyen à *Pecten æquivalvis* sur une de ses parois, tandis que sur le côté opposé paraît le calcaire du sinemurien supérieur. Son orientation N. 35° E. est surtout facile à mesurer entre Lavault et les Pessottes. Là, elle offre des dénivellations importantes de ses lèvres. La terre à foulon près de Rosange, le bajocien et le toarcien à Lavault, le liasien supérieur aux Pessottes, heurtent l'infralias et les grès sombres du sommet de l'étage salifèrien. C'est cette même fente qui traverse les porphyres de Saint-Saulge et à laquelle est dû l'exhaussement de la partie méridionale du massif. J'ai appelé l'attention sur ce phénomène, en décrivant les avancements impré-

vus des roches azoïques à Saxi-Bourdon. Je dénomme la crevasse : faille de Billy. Le système dont elle dépend n'a jamais été reconnu dans les exploitations de la Machine. Pourtant ce système donne lieu tout autour à de belles cassures, dont je cite seulement les deux parallèles qui cantonnent à la Forêt-Ronde, près de Trois-Vèvres, une bande de liasien entre les calcaires sinemuriens.

La troisième faille se rencontre avec la quatrième dans le hameau de Nanteuil. Celle-là, du système aligné N. 10° O., vient de Sainte-Marie et aboutit à Bussière par Thianges, pour disparaître sous les calcaires lacustres à Champvert. Je lui donne le nom de ce dernier village. L'autre est déjà connue sous le nom de faille de Chevannes-Changy.

Une cinquième a également fait l'objet d'une constatation spéciale entre Monchenu et Nerveaux, près de Saint-Saulge. Elle a pincé les calcaires infraliasiques et les montre se terminant en pointe effilée, pour être remplacés, contre toute attente, par les dalles à *Pecten æquivalvis* du Haut de Taix. Une interruption absolue des pierres à *Ostrea arcuata* marque l'emplacement de la fente de Decize, près de Mussier, tandis que le renversement des strates dans les carrières infraliasiques de Conseuille fait prévoir son voisinage.

Enfin la dernière cassure, parallèle à la première et à la précédente, n'est autre que la faille de la Copine, qui a fait apparaître le keuper près de Rouy. Je me hâte de l'indiquer comme effectuant le bornage oriental de l'ensemble triasique et permettant de dire immédiatement que ce massif est ordonné par les failles de ce seul système, sans la participation d'un autre bouleversement. La délimitation, depuis Chouix, près de Thianges, jusqu'à la Loire, est aussi accusée que la limite occidentale. Il ne se produit une modification apparente que dans la partie nord, entre Billy et Chouix. C'est aux autres systèmes de failles qu'on doit attribuer cette perturbation postérieure, comme je vais l'indiquer. Aussi, de même qu'il m'a été facile de fixer la date chronologique des failles de Savigny-Poil-Fol, qui ont affecté les seuls dépôts carbonifères et se sont ouvertes au moment de leur remplacement par une autre formation, de même pourrai-je indiquer le système courant N. 9° E. comme coïncidant avec la fin de l'étage saliférien.

Si on se rappelle que j'ai dit toute exploration impossible dans les bois de Saint-Benin-d'Azy, on admettra que je me borne à signaler les affleurements visibles autour de la forêt. Or, l'infralias supérieur, très beau à Nanteuil sur les parois côté de Rouy des failles irradiées de Champvert et de Chevannes, constitue également les rives du ruisseau de Dumphlun sur la paroi opposée; les niveaux de l'étage sont seuls différents. Lorsqu'on a traversé Cizely et qu'on se trouve au domaine de la Ségangeotte, on voit soudain les terres cultivées empiéter sur la forêt. Les renseignements que

j'ai donnés au sujet de la composition du trias rendent impossible l'établissement de cultures sur les grès siliceux ; en effet, on retrouve l'infralias aux Magnes et au domaine du Loup. Mais, à l'approche de la lisière des bois, les argiles rouges annoncent un changement de terrain.

Les assises permiennes signalées à Lavault sont visibles à travers les sentiers qui conduisent au quartier Damas, tandis que les grès keupériens succèdent naturellement aux arkoses infraliasiques à Chassy, à la tuilerie et au Montot. Près de ce dernier domaine se présente la plus grande perturbation des couches. Non seulement on est là à la rencontre des failles de Champvert et de Decize, mais une cassure transversale, venant d'Aubigny-le-Chétif et parallèle à celles de Moulins-Engilbert, arrête, contre toute attente, les calcaires liasiques et les remplace par les grès du keuper. Ces derniers s'avancent alors à l'est jusqu'à Chouix, où, rencontrant la faille de la Copine, ils en constituent la lèvre occidentale sans plus la dépasser jusqu'à la Loire. Le système des failles de Moulins-Engilbert est bien accusé dans le massif triasique par deux autres grandes failles que j'ai pu suivre et étudier jusqu'au département du Cher. Toutefois, celles-ci n'apportent aucune modification aux limites. Elles concourent seulement à produire ces éboulements et ces rejets des couches dont les travaux d'exploitation des mines m'ont permis de me rendre un compte exact. Il en est de même des autres systèmes, auxquels appartiennent les dislocations de Billy, de Chevannes et de Champvert.

Les couches de houille de la Machine sont au nombre de huit. On les répartit en quatre groupes, à savoir : supérieurement les trois Meules, plus bas les deux Blards, au-dessous encore les deux Crot-Benoît, enfin la Couche nouvelle. Leur *facies* pétrographique permet aux mineurs de reconnaître ces groupes l'un de l'autre. Or, si on étudie trois coupes des galeries suivant des orientations qui permettent de considérer l'allure de toutes les couches souterraines, on arrive aux résultats suivants, qui confirment les observations faites à la surface :

1° Si un profil est dirigé N. 22° O. par le puits des Lacets, cette coupe montre du côté du puits Marguerite les couches de la Meule et le premier Blard plongeant sur la Loire avec des pentes considérables et d'une façon constante. De nombreux rejets, dont l'un atteint 150 mètres, abaissent de plus en plus le sol des galeries, mais ces désordres sont réguliers pour ainsi dire. Les bouleversements sont tous dans le même sens. Au contraire, du côté du puits des Lacets, les couches sont à des niveaux absolument contraires à ce que l'observation précédente fait supposer. Sous le fossé séparatif des bois de l'État et du comte de Panges, passe la crevasse orientée N. 64° O., qu'il est facile de tracer par Soulanges, près Sardolles, où elle sépare le bajocien et l'infralias.

2° Un autre profil aligné par le puits des Glénons et celui de Germignon

corrobore ce résultat. La pente des couches aux abords de la Machine est encore considérable, au point que le premier Blard affleurant au puits Henry se trouve à 400 mètres de profondeur sous la route de Decize, c'est-à-dire à moins de 800 mètres de distance. Elle s'effectue dans le quadrant sud-ouest, un peu moins au sud que l'inclinaison observée au puits Marguerite. L'influence de la crevasse de Soulanges ne subit qu'une modification légère due aux fractures qui sont à proximité. Mais, en approchant de Germignon, tout change : on est ici à l'est des failles longitudinales de Chevannes et de Decize, et au nord de la cassure de Soulanges. La houille s'exploite à fleur de terre, puis aussitôt on voit avec étonnement les argiles rouges du keuper qui forment les talus du chemin de Germignon à Thianges et succèdent assez naturellement aux calcaires infraliasiques de ce dernier village. Les couches s'inclinent toujours sur le sud-ouest. On est donc en présence de deux phénomènes : exhaussement général du massif vers le nord-est et existence de fractures dont l'effet accentue encore le mouvement ascensionnel en faisant disparaître subitement tout l'horizon permien. Le système de la faille de Champvert explique les rejets du keuper. Cette fracture, en effet, n'est pas isolée, et bien qu'on ne puisse constater aisément la présence de ses parallèles au travers de l'ensemble triasique dépourvu de fossiles, on en voit très bien un certain nombre sur les rives de l'Aron. Je citerai particulièrement la fente qui montre au domaine du Port la pierre bleue avec *Ostrea arcuata* près du four à chaux construit au bord du canal et qui relève, à quelques mètres de distance, les mêmes bancs 25 mètres plus haut dans les carrières de Champvert. J'ai tracé sur la carte la fracture du domaine du Port. Je lui attribue le rôle d'être séparative du keuper et du permocarbonifère dans le bois de Saint-Benin-d'Azy. J'avoue naïvement n'avoir pu vérifier cette particularité, la végétation luxuriante de la forêt mettant obstacle à toute exploration dans ces contrées. J'ai simplement voulu par là faire ressortir ce que je crois s'être produit. Dans tous les cas, on ne contestera pas que ce même système a changé le périmètre de l'ensemble triasique, en reculant le keuper vers l'ouest, à partir de la ferme de Chouix. Il est le seul qui ait apporté une modification de cette nature. Il est naturel qu'il ait également reculé le permien et le fasse se terminer en pointe à Billy même, suivant une orientation et des angles parfaitement égaux à ceux de l'extrémité septentrionale du massif feldspathique de Saint-Saulge.

3° Enfin une troisième coupe, allant du puits Marguerite au signal de Bussière, permet de suivre la lèvre méridionale de la faille de Soulanges et d'observer de ce côté les désordres des cassures longitudinales. Or, sur toute cette longueur, les couches se suivent assez bien, avec de faibles inclinaisons vers l'ouest. Les dislocations nombreuses ne modifient pas le sens de la pente ; elles ne causent que des rejets des couches. On s'assure

ainsi parfaitement que la plus grande perturbation est apportée par le système de la faille de Soulanges, ouverte au milieu de l'ensemble triasique et longtemps après sa formation. Cette faille a joué l'effet d'une charnière autour de laquelle ont pivoté les deux portions séparées du massif. Il en résulte que les couches s'inclinant sur le sud et sur l'ouest, l'étage saliférien affleure dès le domaine du Petit-Varennes, forme le sommet de la butte du Chêne de Toulon et constitue le terrain depuis les Pierres jusqu'à la Loire. La partie exhaussée du massif et montrant les couches les plus anciennes se trouve entre les deux cassures parallèles de Soulanges et d'Aubigny-le-Chétif. La zone permienne a sa plus grande épaisseur le long du bornage occidental déterminé par la crevasse de Saint-Franchy et depuis le Petit-Varennes jusqu'à Lavault. Les grès keupériens s'étendent sur une lisière orientale, du nord au sud, à cause du relèvement indiqué par les failles de la Copine et du domaine du Port. Ce même motif a fait apparaître les terrains liasiques à Ville-les-Anlezy, Frasnay et Cizely. Je ne doute pas qu'on doive attribuer à une cause analogue l'apparition des sablons kaoliniques et du calcaire infraliasique, entre les grès permiens d'un côté et les griffes keupériennes de l'autre, près de la gare du chemin de fer, à Decize.

Ma manière de voir supprime, comme on voit, toute idée que les couches combustibles sont localisées dans les emplacements d'anciens lacs, comme on l'a cru autrefois. On a donné à tort le nom de bassins aux contrées riches en affleurements houillers. En particulier, l'exploitation de la Machine est à l'extrémité d'un golfe des océans permocarbonifères. Les fleuves descendant du Morvan roulaient leurs eaux torrentielles à la mer et remplissaient leurs deltas des produits de la végétation merveilleuse de cette époque lointaine. Les dépôts avançaient plus ou moins en pleine mer, suivant la force et la direction des courants littoraux. L'inclinaison ancienne des strates sur le fond marin subsiste encore dans la pente énorme des couches de houille de ce côté.

Je réserve l'étude de la rive gauche de la Loire pour le chapitre suivant, qui comprendra les rochers granitoïdes de Neuville et les affleurements salifériens d'Azy-le-Vif. Il me suffit, en ce moment, d'insister sur ce fait que les failles traversent les terrains azoïques et leur ont communiqué les mêmes désordres que ceux observés dans les dépôts océaniens du voisinage.

M. L. QUÉNAULT

Conseiller général de la Manche, à Montmartin-sur-Mer.

SUR LES OSCILLATIONS LENTES DU SOL ET DE LA MER

— *Séance du 17 août 1885* —

Comme je l'ai établi l'année dernière dans un mémoire lu au Congrès de Blois, il est hors de doute que le sol subit des mouvements perpétuels qui sont dus à des causes bien diverses. Ceux qui accompagnent l'activité volcanique sont dus à une action venant de l'intérieur de la terre. Ils sont brusques et passagers; d'autres, qui se manifestent au moment des syzygies et qui sont très appréciables, ainsi que l'a constaté M. Bouquet de La Grye dans ses curieuses observations, au moyen du sismographe multiplicateur, sont dus à l'action soli-lunaire. Il admet l'action soli-lunaire sur l'écorce terrestre, qui produit ce que M. Issel appelle des marées telluriques. Au moyen du sismographe multiplicateur, m'écrivait-il dernièrement, je suis arrivé à ce qui, je crois, a été la première tentative couronnée de succès, à montrer que l'on peut avoir chez soi les éléments des phénomènes des marées. Il en est d'autres, qui se manifestent journellement, qu'on ne peut attribuer qu'à l'élévation ou à l'abaissement de la température.

On a constaté, en Italie et au Chili, une différence de hauteur dans des tours et des observatoires, suivant la température. Ils étaient plus hauts quand la température était élevée, et plus bas quand elle était basse.

Il est un autre mouvement celui qui se manifeste lentement et régulièrement, soit de haut en bas, soit de bas en haut, sur des vastes étendues du globe, qui ne peut être attribué ni à une action intérieure, ni à celle du froid ou de la chaleur. Ces mouvements, dont la marche régulière a été observée depuis les temps historiques sur certaines parties de la terre, pourraient bien être expliqués (c'est tout ce qu'on peut dire aujourd'hui avec le peu d'observations que nous possédons sur quelques parties de la terre), et devront l'être, quand les observations seront plus générales, par une révolution astronomique à longue durée, qui déplace le centre de gravité de notre planète et fait changer de place les eaux qui la couvrent.

On ne peut nier, après les expériences récentes rapportées par M. le professeur Cordonis, de Padoue. dans son intéressante étude sur les tremblements de terre, l'influence astrale sur les mouvements du sol.

M. Schmits, dit-il, directeur de l'Observatoire astronomique d'Athènes, a réussi, d'après ses propres observations et les catalogues faits par d'autres, à recueillir des données sur plus de deux mille tremblements de terre qui ont eu lieu, en Grèce et à Smyrne, dans les cinquante dernières années (quarante par an en moyenne).

Il en a déduit qu'on observe un minimum à l'époque des quadratures, et un maximum aux syzygies, avec une augmentation notable dans les jours de pleine lune.

Perrey (Préparations physiques et naturelles sur les tremblements de terre et les volcans, Paris, 1863) était déjà arrivé aux mêmes conclusions, d'après les données très nombreuses sur les tremblements de terre de la basse Italie. Dernièrement le professeur Forel de Morges a confirmé le même fait d'après les données recueillies en Suisse.

On a examiné les registres du professeur Berthaly, de Florence, où les mouvements microscopiques du sol sont marqués par le trémosismomètre de son invention; on a constaté une allure rythmique en accord avec les phases lunaires, et ayant un maximum aux syzygies.

En outre, on observe, suivant les localités, une coïncidence bien définie des tremblements de terre avec le passage de la lune aux méridiens supérieur et inférieur. D'autre part, indépendamment de ces passages de la lune et des syzygies, les secousses qui ont lieu pendant les heures de la nuit présentent une fréquence presque double de celles qui ont lieu aux autres heures. Le fait d'un maximum à minuit dépend évidemment de l'attraction solaire.

Puisque l'action du soleil et de la lune se fait sentir sur la surface du globe, on peut en induire qu'une révolution à long terme de notre système planétaire, peut changer complètement le régime des eaux qui la couvrent et y changer en même temps graduellement les climats. Chacune de ces révolutions correspondrait à une phase géologique, et on s'expliquerait pourquoi l'on trouve partout, dans les diverses formations géologiques, des fossiles de plantes et d'animaux de tous les climats.

Le Verrier me disait : « Tout notre système planétaire marche vers le Nord. Est-ce une courbe qu'il suit? Est-ce une ligne droite? Nous n'avons pas encore étudié assez cette marche pour le savoir. »

On expliquerait aussi la découverte que l'on a faite sur des points très élevés du globe, des fossiles de coquilles et de poissons, attestant l'antique séjour des eaux. D'autant mieux aujourd'hui que des sondages récents ont attesté qu'il existe dans la mer des profondeurs égales à l'altitude des plus hautes montagnes au-dessus de son niveau.

Dans l'appendice de l'ouvrage de M. Issel sur les *bradisismi*, page 411, je vois une observation qui me semble devoir jeter quelques lumières sur cette grande question, « d'une lecture splendide, dit-il, sur le mouvement

des pôles par la rotation de la superficie du globe, faite par G. Schiaparelli au Congrès du Club alpin-italien. Il a repris l'ancienne hypothèse, suivant laquelle l'axe de rotation du globe subirait des changements continuels dans sa position, et il en apporta pour preuve un fait d'une grande importance, sur lequel les professeurs Fergola, à Naples, et Nyren, à Pultkowa, avaient appelé déjà l'attention des savants. En comparant les résultats des observations faites dans les divers observatoires de l'Europe pour en déterminer la latitude, ils ont reconnu que toutes ces latitudes sont venues à diminuer lentement dans ces derniers temps; et cependant la possession des instruments qui ont servi à cette détermination, le soin qu'y ont mis les observateurs, l'accord entre tous les résultats obtenus, excluent tout soupçon d'erreur grave. Il n'est pas supposable, dit Schiaparelli, que les observatoires et toute l'Europe aient glissé sur la surface de la terre, il est donc nécessaire de conclure que le pôle arctique s'est éloigné de nous d'une longueur qui peut être évaluée à trente ou quarante minutes par siècle. »

Il ajouta, après beaucoup d'autres considérations, que « si la terre était absolument rigide et résistait à la déformation que tend à faire naître la force centrifuge par le mouvement de l'axe, toute augmentation de trente minutes dans la distance du pôle arctique à nous devrait avoir pour conséquence nécessaire et corrélative un exhaussement d'environ 5 centimètres du niveau moyen de nos mers, et un exhaussement égal devrait se produire à nos antipodes. Il est bon de remarquer ce fait que le changement de niveau vérifié dans les temps historiques entre la mer et le rivage en différents points du bassin méditerranéen, correspond singulièrement au chiffre dont il vient d'être parlé. »

Ces observations, dont on ne peut contester l'exactitude, démontrent que le pôle se déplace et que, par conséquent, l'axe de rotation de la terre change.

Que les astronomes cherchent dans les cieux la cause de ce mouvement ou qu'ils reconnaissent, après mûr examen, qu'elle ne peut venir de là, je me déclare incompétent pour cette recherche; mais le fait du déplacement du pôle existe, celui de l'influence des astres sur les mouvements lents ou rapides et intermittents du sol n'est pas moins évidemment constaté, et j'en conclus que ce mouvement lent et régulier du sol peut tenir à une révolution astronomique de longue durée. Quand, dans vingt ans d'ici, on aura fait de nombreuses observations sur la terre et des calculs sur la mécanique céleste, on reconnaîtra peut-être la vérité absolue de ce qui, dans l'état actuel de la science, n'est qu'une possibilité, et tout au plus une probabilité.

Différence entre les dénivellements du sol qui sont causés par une action intérieure de la terre dans leurs effets avec ceux qui ont pour cause une influence astrale.

Les tremblements de terre qui ont dernièrement ravagé le sud de l'Espagne ont mis en lumière un fait déjà connu : c'est que, dans les contrées où les éruptions volcaniques et les tremblements de terre sont fréquents, toutes les couches des roches qui constituent l'écorce terrestre sont disloquées, contournées, et présentent souvent des failles.

Les tremblements de terre violents bouleversent l'écorce terrestre, l'abaissent ou la soulèvent momentanément, et même quelquefois pour une longue suite d'années. L'état de l'écorce terrestre, au-dessous de ces dénivellements, en indique la cause.

Les dénivellements, dus à ce que M. Issel appelle l'énergie tellurique, ont une étendue plus ou moins locale. Ceux qui embrassent la surface du globe entier doivent avoir une autre cause. Elle doit être astronomique. Ceux qui sont lents, réguliers, ont une marche progressive observée en beaucoup d'endroits, depuis les temps historiques, doivent provenir de cette cause.

Les dénivellements dus aux phénomènes des marées viennent de l'influence soli-lunaire; c'est un fait parfaitement constaté. Ils n'ont jamais entraîné de dislocation dans les formations géologiques dans les contrées où ils se manifestent avec le plus d'intensité, quand ces contrées ne sont pas sujettes à l'activité volcanique et aux tremblements de terre.

Les dénivellements lents et réguliers dont nous avons parlé ne causent aucun changement dans les couches géologiques. C'est ce qui arrive en Bretagne et en Normandie, où le dénivellement de haut en bas doit être de 3 mètres par siècle. J'en conclus qu'ils sont dus à une influence astronomique.

Pourquoi cette différence entre les mouvements volcaniques et les autres?

C'est que les premiers viennent d'une force d'expansion exercée de l'intérieur de la terre sur son écorce.

C'est parce que les autres proviennent d'une influence astrale qui, agissant sur le globe entier, modifie sa situation dans l'espace et change la direction de la gravitation de notre planète. La terre reste intacte, malgré le déplacement de ses eaux sur sa surface.

Pour connaître, avec des observations hydrographiques et géologiques, exactement la marche et la durée de l'évolution qui change progressivement le niveau des eaux sur la terre, les déplace entièrement, les géologues devront constater avec précision le maximum d'altitude des dépôts

marins attestant l'ancien séjour de la mer, les hydrographes devront, de leur côté, constater par des sondages exacts le maximum de profondeur des mers.

Il est probable que quand on aura fait des observations générales sur toute la terre pour les dénivellements du sol, on reconnaîtra que la terre s'abaisse dans les contrées de dépression et s'élève dans les contrées de soulèvement dans la même mesure, qu'en un mot, les deux mouvements sont corrélatifs ; quand on aura constaté exactement la mesure séculaire de ces deux mouvements, on aura tous les documents nécessaires pour évaluer la durée d'une phase géologique.

On sait déjà que la plus grande profondeur des mers est de 7,300 mètres. Si, par exemple, ce qui est probable aussi, la plus grande altitude des dépôts marins est de 4,000 mètres et que le mouvement corrélatif soit de 2 mètres par siècle, soit 20 mètres pour mille ans, on trouvera que la durée d'une période géologique est de 200,000 ans.

Nous nous sommes occupés jusqu'ici uniquement des invasions de la mer par suite de l'élévation de son niveau ou de l'affaissement du sol ; mais il vient se joindre à cette cause beaucoup d'autres qui ne sont pas moins dangereuses, et qui ont une action si directe dans l'envahissement, qu'on a cru longtemps qu'il était dû à elles. Je veux parler des agitations de la mer, de ses élévations subites et passagères de niveau qui se manifestent par des raz de marées et des ondes d'une élévation prodigieuse, puisqu'elles atteignent quelquefois 40 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer, avec des vitesses de 300 à 400 mètres par seconde. Il se rencontre aussi les vagues en pyramides, comme les nomme M. Bouquet de La Grye, lancées par la rencontre de deux courants poussant des vagues, venant de différentes directions, s'entre-choquant les unes les autres quand elles s'atteignent ; elles s'élèvent quelquefois à 8 mètres des flots de fond qui prennent naissance sur le rivage même, quand à une grève plate succède un rivage sablonneux fortement incliné.

Les vagues en pyramide se manifestent à l'embouchure de toutes nos rivières, où les vagues, frappant de côté les promontoires qui les terminent, et le courant à l'embouchure de la rivière changeant de direction, les vagues qui s'y forment viennent à l'encontre de celles qui sont poussées par le courant général de mer montante : c'est ce qui arrive à Bricqueville-sur-Mer, à Regnéville et à Carteret.

Comment se défendre contre la puissance de ces vagues, de ces raz de marées qui renversent tous les obstacles ? C'est de ne leur en pas opposer, de construire des digues plus élevées de 2 ou 3 mètres que le niveau des plus hautes marées, en ayant soin de leur donner une large base qui permette de les exhausser, comme le font les Hollandais, quand, après un siècle, le niveau des hautes mers aura atteint le sommet, et de donner à

la digue une pente douce qui ne dépasse pas 7 0/0. On les établira en terre glaise fixée par des fascines, ou, ce qui vaut mieux, en pavés debout, à longue queue et bien cimentés. Les flots les plus énormes viendront mourir au pied de cette digue, s'ils ne la dépassent pas en hauteur. Il faudra avoir soin, à la naissance de la digue, de creuser une tranchée en pente plus raide que le pavé, la couvrir d'un pavé et recouvrir ce pavé de sable, afin que la mer ne puisse pas affouiller la digue. Voilà comment on peut, pendant plusieurs siècles, se défendre contre cet ennemi qui ne cesse d'être en guerre contre nous.

Sur mes propositions, le Congrès de Cherbourg, en 1884, celui de l'Association pour l'avancement des sciences tenu à Blois dans la même année, le conseil général de la Manche, dans sa session d'août 1884, ont demandé au gouvernement de prendre la direction des observations sur les dénivellements du sol et de la mer. Jusqu'ici il n'a pas obtempéré à cette demande officielle; pourtant on a demandé aux maires du littoral, dernièrement, quels progrès avait faits la mer sur leur terrain depuis que le cadastre a été établi, quelle quantité de terrain elle avait envahi. Chargé de faire la réponse pour la commune de Montmartin-sur-Mer, j'ai affirmé que, depuis 1826, époque où a été dressé le plan cadastral, la mer a envahi 110 mètres en largeur de terrain dans la commune, et j'ai indiqué les causes de cet envahissement, que j'attribue surtout à l'abaissement du sol, qui a été d'environ $1^{m},50$ depuis cette époque.

Depuis le Congrès de Blois du mois de septembre 1884 il s'est fait beaucoup d'observations à la suite des catastrophes d'Ischia, du détroit de la Sonde, des tremblements de terre d'Espagne, qui me semblent avoir jeté de la lumière sur la nature et la cause des mouvements lents et réguliers du sol et de la mer; on a aussi depuis, au moyen d'instruments de précision du nom de tronomètre, sismographe, trémosismomètre, fait beaucoup d'observations sur les oscillations du sol; en Italie même on dresse chaque jour un tableau de ces mouvements, qui sont constatés dans 28 observatoires fonctionnant régulièrement, et ces observations sont centralisées à l'observatoire géodynamique de Rome, sous la direction de M. de Rossi.

Il résulte de ces observations que la terre est toujours en mouvement, que certains mouvements sont brusques (ceux causés par les tremblements de terre); d'autres, quoique assez rapides durant douze heures environ, sont causés par l'influence soli-lunaire que produisent les marées; qu'au moyen e ces instruments on constate leur influence sur le sol; que d'autres sont ents et réguliers et d'une durée qu'on n'a pu encore constater, que les oscillations dues aux tremblements de terre rompent et disloquent l'écorce terrestre superficielle, que les mouvements lents et réguliers, qui sont dus l'influence soli-lunaire, la laissent intacte.

En un mot, les dénivellements du sol proviennent soit de la force d'ex-

pansion dont est animée notre planète, soit de l'influence des astres, qui changent la direction de sa gravitation.

On a aussi constaté que des mouvements brusques, dans la pesanteur de l'atmosphère, peuvent rompre l'équilibre existant entre les forces émanant de la terre et celles venant de l'atmosphère, et donner lieu à de véritables petites éruptions dans les mines : le grisou, retenu par la pression de l'air dans les roches, s'en échappe quelquefois quand la pression vient à diminuer soudain et entraîne avec lui eaux et roches. M. Laur a, dans un mémoire récent, très bien constaté ce phénomène, qui est assez fréquent.

Il est très vraisemblable que le mouvement régulier du sol que l'on constate, soit en haut, soit en bas, depuis les temps historiques, et dont la marche semble régulière, est, comme tous les mouvements qui ont donné lieu aux anciennes phases géologiques, dû à une influence astrale qui, changeant la direction de la gravitation sur la terre, y déplace les eaux. C'est cette évolution qui s'est reproduite plusieurs fois sur notre globe, qui a formé par le séjour des eaux sur une partie de ce globe les roches que l'on appelle sédimentaires, et a par conséquent constitué en grande partie l'écorce superficielle de notre planète, qui, s'élaborant avec le temps, gagnera encore de l'épaisseur dans la suite des siècles.

Dans un article récent de la *Revue des Deux Mondes*, M. Daubrée, membre de l'Institut, reconnaît que la croûte terrestre subit des déplacements d'une lenteur séculaire sans accompagnement de mouvements brusques.

Le niveau moyen de la mer sur le littoral donne une ligne invariable de repère pour le constater. Des parties manifestement immergées depuis les temps historiques sont aujourd'hui au-dessus du niveau des mers et constituent ce qu'on appelle des plages soulevées.

En Suède, l'émersion verticale n'a été, de 1730 à 1849, que de 0,915, soit de 77 centimètres par siècle.

Très nombreuses et parfaitement constatées dans toutes les parties du globe, ces dénivellations se sont surtout produites et répétées en même temps en sens contraire, c'est-à-dire qu'à une élévation a succédé un abaissement et inversement. Ces déplacements lents du sol avaient été autrefois attribués, mais à tort, à des changements dans le niveau des mers ; ils ne sont que la continuation de déformations tout à fait analogues qui se sont produites pendant toutes les anciennes périodes géologiques.

On ne doit pas les confondre avec ceux qui produisent les atterrissements et les érosions des côtes conjointement avec l'action des fleuves. Ces derniers, superficiels, sont d'une nature toute différente.

SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE FRANÇAISE, SÉANCE DU 3 JUILLET 1885.

Géologie géographique. — M. Jules Girard adresse une note sur les dénivellations littorales de la péninsule scandinave, d'après les vérifications

de 1884. Une série de 13 repères fut établie en 1851, depuis la Tornea jusqu'à la Naza, sur les côtes de la Baltique, pour continuer l'œuvre mémorable de Celsius. En 1884, ils ont été l'objet d'un examen comparatif. D'après le travail de l'Académie des sciences suédoise, il est prouvé que le mouvement d'élévation des côtes se poursuit jusqu'au nord et que le mouvement d'affaissement persiste dans l'extrémité de la péninsule. Vers Calmar et Carlspona, la dénivellation est restée nulle, comme aux époques précédentes. Les résultats actuels, comparés aux observations primitives, démontrent que dans un intervalle de 134 ans, le golfe de Bothnie s'est élevé de 2^m,10 c., soit 1^m,70 par siècle. Cette rapidité du mouvement décline progressivement en avançant vers le sud ; elle n'est plus que de 0^m,30 à la Naza, elle est nulle à Bornholm.

Voilà la première mesure rigoureuse et authentique sur le mouvement séculaire du sol que nous ayons jusqu'à présent, et c'est à l'Académie des sciences de Suède que nous la devons. Il est probable que ce dénivellement de bas en haut de 1^m,70 par siècle est corrélatif avec le mouvement de haut en bas qui lui correspond. Il est vrai que pour le mouvement de haut en bas nous avons des observations qui semblent assez précises dans les îles Anglo-Normandes, en Normandie, en Bretagne et dans le Bordelais, qui indiquent 3 mètres par siècle.

Les observations peuvent être exactes dans les deux sens, sans que pour le mouvement séculaire de dénivellement il n'y ait pas analogie, parce que les vents régnant ordinairement sur les côtes de l'Océan, de l'ouest, sud-ouest et nord-ouest, et tous les grands courants se dirigeant du côté de la France, il est possible que par ces diverses causes les eaux soient plus hautes sur nos côtes que dans les contrées où les choses ne se passent pas ainsi. C'est sans doute pour cette cause qu'on constate une différence de niveau moyen de la mer de 1 mètre entre Marseille et Brest.

Il est donc possible, et même très probable, que la marche du dénivellement corrélatif de la mer avec la terre soit de 1^m,70 par siècle.

Dans quelques années, avec de nouvelles observations, nous pourrons peut-être connaître l'exactitude de cette mesure.

RÉSUMÉ D'UNE TRADUCTION FAITE PAR M. QUÉNAULT D'UN MÉMOIRE DE M. ISSEL, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GÊNES.

Le mémoire de M. Issel renferme de précieux documents sur les modifications lentes ou rapides qu'a éprouvées depuis de longues années le sol de l'Italie. Quelques-uns des faits rapportés par M. Issel, dus à des mouvements lents et séculaires (bradisismi), sont très dignes d'attention.

C'est ainsi que l'Estuaire vénitien et l'Istrie ont subi depuis les temps historiques une dépression sensible qui atteint à Venise la mesure de 3 à 4 centimètres par siècle. Ce même mouvement se manifeste avec une entière évidence sur les côtes de la Dalmatie, de l'Albanie, de la Grèce, et s'étend vraisemblable-

ment à travers la Méditerranée jusqu'à la Barbarie et à l'Egypte. Malte plus tôt a été dans la voie de dépression. En Sicile, au contraire, mais avec moins d'évidence, M. Issel signale un mouvement de soulèvement qui depuis 400 ans avant Jésus-Christ est évalué de 4 à 6 mètres.

Un pareil mouvement paraît avoir lieu dans le littoral calabrais, faisant face à la Sicile; mais ce fait étant commun presque à toute la Méditerranée, on est porté à croire qu'il dépend d'un changement de niveau de la mer et se rattache à un phénomène astronomique. M. Issel fait remarquer que sur les côtes de la péninsule Italienne, bien qu'on reconnaisse en certains points des signes d'une dépression récente, les perforations des mollusques lithophages ou les sillons d'érosion produits par les flots, perforations et sillons plus ou moins élevés au-dessus du niveau actuel de la mer, donnent la preuve d'un soulèvement antérieur (quaternaire) qui, dans la Ligurie, a atteint une vingtaine de mètres.

L'étude des oscillations lentes du sol, ajoute M. Issel, en expliquant la puissance des formations de sédiments et l'alternance des dépôts marins et d'eau douce, peut conduire à la connaissance des continents et de leurs révolutions. C'est une des branches les plus attrayantes de la géologie et de la physique naturelle.

BIBLIOGRAPHIE

BULLO. La vulcanicita e il lento abbassamento del suolo nella Venezia Maritima. 1 volume. Trévise.

CHÈVREMONT. Les mouvements du sol. 1 volume. Paris, 1882.

DE LAPPARENT. Traité de géologie. 1 volume. Paris, 1883.

HAHN. Unterschungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. 1 volume. Leipzig, 1879.

FILLANI. Memorie storiche dei Veneti. Primi e secondi edition. 7 volumes. Padoue, 1811 à 1814.

L. QUÉNAULT. Anciennes et récentes invasions de la mer sur les côtes de la Manche. Coutances, 1863. — Envahissements et délaissements de la mer. Coutances, 1863. — Nouvelles observations. Coutances, 1864.

Guide de l'étranger à Coutances. Coutances, 1877.

Mémoire sur les invasions de la mer. Société Linnéenne de Normandie, 1880. — Un autre mémoire. Société Linnéenne, 1882. — Un autre en 1883. — Un troisième en 1885.

Mémoire sur les mouvements lents du sol et de la mer. Lu au Congrès de Blois, le 5 septembre 1884.

PAOLI. Del sollevamento e del allavamento di alcuni terrani. Pesaro, 1838, fatti per servi alla storia dei mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona, 1842.

RECLUS. La Terre: description des phénomènes de la vie du Globe. 1883-1885.

E. SUESS. Das Antlitz der Erde. 1 volume. Praz, Leipzig, 1883-1885.

TRAUTSHOLD. Uber die sekularen Hebungen und Senkungen der Erdeberfläche. Dorpat, 1869.

G. UZIELLI. Sulle ondulazioni terrestri in relatione con l'orografia degli Apennini e delle Alpi. Roma, 1884.

A. ISSEL. Le oscillationi lente del suolo o bradisismi, sagio di Geologia storica. 1 volume. Genova, 1884.

Delle osservationi da esorguinsi, per lo studio dei movimento seculari del suolo, per A. Issel, Socio della Sezione Ligure. Torino, 1885.

M. Émile RIVIÈRE

A Paris.

LE GISEMENT QUATERNAIRE DU PERREUX (SEINE)

— *Séance du 17 août 1885* —

Il y a quelques années, au Congrès de la Rochelle, j'avais l'honneur de vous entretenir des découvertes paléontologiques que j'avais faites dans les sablières de Billancourt et de vous en soumettre les principaux résultats. Aujourd'hui je désirerais vous faire connaître des gisements du même ordre, mais situés plus loin de Paris et dans une direction opposée, c'est-à-dire à l'est.

Ces nouveaux gisements quaternaires, que j'explore depuis près d'une année, ne sont autres que les sablières du Perreux, commune de Nogent-sur-Marne (Seine), sablières en pleine exploitatior et situées sur les bords de la Marne, ou mieux à très peu de distance de cette rivière.

Les sablières du Perreux sont au nombre de quatre, mais trois seulement jusqu'à présent m'ont fourni des documents touchant la faune des temps quaternaires et l'industrie des hommes de cette époque. Elles sont voisines les unes des autres. Deux d'entre elles, les sablières A et B, dites sablières Cochain, du nom de leur propriétaire, qui a bien voulu m'autoriser à y faire des recherches, sont situées entre l'avenue de Bry-sur-Marne et l'avenue des Champs-Elysées ; la troisième, la sablière C ou sablière Letellier, du nom également de son propriétaire, est située en bordure de cette dernière avenue.

Ces sablières occupent toutes trois une assez grande étendue et toutes trois sont exploitées de haut en bas jusqu'à la rencontre de la nappe d'eau souterraine. Le fond de la sablière C a même été dragué, en un point, jusqu'à près de 2 mètres au-dessous du niveau des plus basses eaux, jusqu'aux marnes tertiaires sur lesquelles les sables quaternaires reposent immédiatement. La profondeur la moins grande à laquelle on rencontre ces marnes est de $8^m,30$ environ ; je dis : la moins grande, car elles sont loin d'affecter une direction horizontale.

Quoi qu'il en soit, la couche dans laquelle sont les ossements d'animaux dont je vais donner succinctement la liste, ainsi que les silex taillés, dont la planche IX reproduit les principaux types, grandeur naturelle, est formée de sable, de graviers et de cailloux, souvent si fortement agglu-

tinés entre eux et adhérents aux pièces osseuses et aux silex, qu'il est très difficile de les détacher sans briser l'objet.

La profondeur à laquelle on rencontre les os et les silex varie entre 5^m,50 et 8 mètres. Je puis d'autant mieux l'affirmer que, en dehors des objets découverts par les ouvriers carriers et qui par eux m'ont été remis, j'ai pu trouver moi-même *en place* plusieurs pièces importantes, entre autres une portion de défense d'éléphant.

FAUNE

Les ossements et les dents que j'ai déterminés jusqu'à présent n'appartiennent qu'à un très petit nombre d'espèces animales, qui sont :

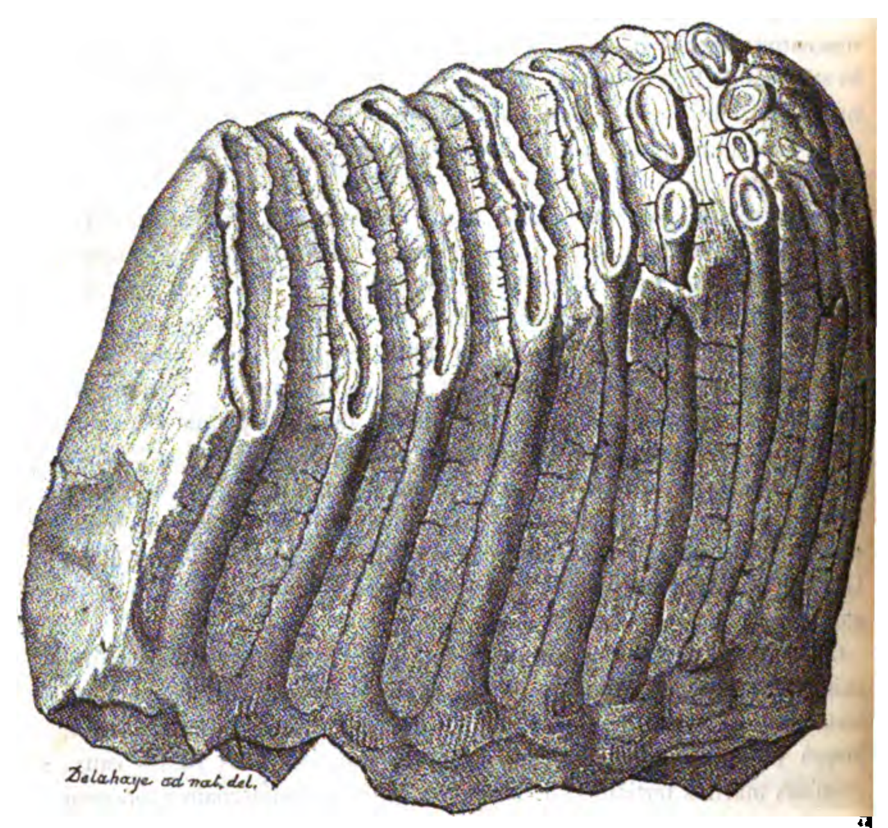


Fig. 69. — *Elephas primigenius*, dent molaire (grandeur naturelle).

A. Proboscidiens. — *Elephas primigenius*. — La bonne conservation des quatre dents molaires qui proviennent du gisement du Perreux, et que je possède, ne peut laisser aucun doute sur l'espèce d'éléphant à laquelle elles appartiennent. C'est bien l'*Elephas primigenius*. Elles ont été trouvées : une dans la carrière Cochain A, au mois d'avril dernier ; deux dans la carrière Cochain B presque au niveau de l'eau, au mois de septembre 1884 (fig. 69), et la quatrième dans

la carrière Letellier, au mois de mai de cette année. Quant à la défense d'éléphant que j'ai trouvée moi-même dans la sablière Cochain A, à 40 centimètres environ au-dessus de la nappe d'eau souterraine (1), et que je me suis efforcé de dégager avec toutes les précautions possibles du sable et des cailloux volumineux qui la comprimaient très fortement, elle était d'une telle friabilité que, n'ayant sur moi, en ce moment, rien pour la consolider sur place, je n'ai pu en conserver que quelques fragments très petits.

De plus, au mois de juin dernier, les ouvriers de la carrière Letellier, en faisant sauter par la mine un de ces blocs de sable congloméré, extrêmement durs, auxquels ils donnent le nom de *calcin*, ont mis à découvert l'épiphyse inférieure *entière* d'un fémur de jeune éléphant, qui n'était pas encore soudée à la diaphyse.

B. Pachydermes. — *Rhinoceros tichorhinus*. — Ici, également, la parfaite conservation des trois dents de rhinocéros, provenant toutes trois de la sablière Letellier, ne permet pas de les confondre avec celles d'aucun autre rhinocéros que le *tichorhinus*. Celle que nous faisons figurer ici (fig. 70), a été trouvée le 20 juillet 1883.

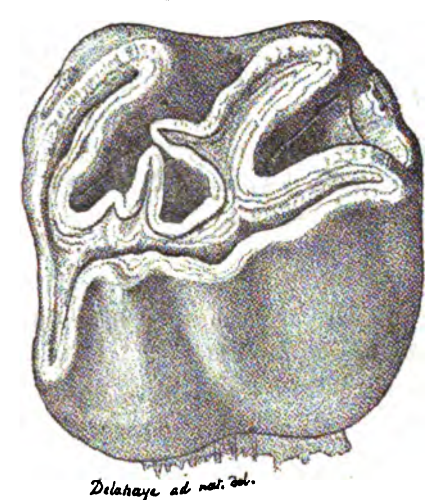


Fig. 70. — *Rhinoceros tichorhinus*, dent molaire supérieure (grandeur naturelle).

C. Solipèdes. — *Equus*.....? — Les Solipèdes sont représentés par des Équidés. Les pièces trouvées, au nombre de sept, sont toutes des dents molaires inférieures ou supérieures. Elles appartiennent toutes à des animaux de taille ordinaire.

D. Ruminants. — *Cervidé*. — Une seule pièce, jusqu'à présent, représente les Cervidés (cerf ou renne) ; c'est une portion de bois, d'andouiller, absolument indéterminable en raison de son mauvais état.

Bovidé. — Le seul ossement trouvé est l'extrémité inférieure du canon ; il paraît provenir d'un animal de grande taille (aurochs ou bison).

E. — Je dois ajouter que j'ai recueilli aussi dans ces sablières d'autres ossements plus ou moins brisés, ou plutôt quelques fragments osseux, trop incomplets pour pouvoir être déterminés sûrement. L'un d'eux, cependant, est la diaphyse incomplète d'un os long qui semble provenir d'un animal du genre *Elephas*. Ce sont, pour la plupart, des diaphyses, dont quelques-unes ont été fendues et brisées intentionnellement comme celles que l'on rencontre dans les grottes d'habitation de l'homme.

FLORE

Enfin j'ai recueilli encore, dans la même couche de sable, de graviers

(1) Cette nappe est formée par les infiltrations de la Marne, dont elle suit les fluctuations de niveau, s'élevant avec les grandes crues s'abaissant avec les eaux du fleuve.

et de cailloux, plusieurs échantillons de bois fossiles dont la détermination ne m'a pas encore été donnée.

L'un des ouvriers de la carrière aurait trouvé, il y a dix-huit mois, m'a-t-il dit, dans la sablière Cochain B, un échantillon de bois fossile très dur mesurant près de 2 mètres de longueur, sur 0m,22 ou 0m,23 de largeur et plusieurs centimètres d'épaisseur. Cet échantillon aurait été brisé à coups de pioche en un assez grand nombre de fragments.

INDUSTRIE

Ici je demande la permission d'appeler tout particulièrement l'attention de mes confrères sur le point suivant :

Tandis que, dans les divers gisements de Billancourt, je n'avais trouvé, dans l'espace de plusieurs années, qu'*une seule pièce* absolument authentique au point de vue du travail de l'homme, qu'un seul silex taillé ; — et j'insistais vivement en 1882, au Congrès de la Rochelle, sur cette particularité des sablières de Billancourt ; — par contre les sablières du Perreux m'ont donné des pièces relativement nombreuses dans les couches à ossements fossiles.

Quelques-unes d'entre elles sont des plus remarquables par leur patine. par leur forme et par leur fini, et notre cher vice-président, M. G. Cotteau, les admirait dernièrement lorsque j'eus l'occasion de les lui montrer, ainsi que plusieurs membres de l'Académie des sciences (MM. Daubrée, Gaudry, Hébert, etc.), à l'examen desquels je les ai soumises lundi dernier, quelques instants avant l'ouverture de la séance, avec mes dents d'éléphant et de rhinocéros.

Le temps ne me permet pas de décrire aujourd'hui toutes ces pièces ; je me bornerai donc à soumettre le dessin de celles qui m'ont paru les plus intéressantes.

J'appellerai surtout l'attention sur les pièces représentées sur la planche jointe à ce travail (Pl. IX), et notamment sur le n° 1, qui ne mesure pas moins de 0m,155 de longueur ; sur le n° 2, aux bords tranchants, intacts et admirablement retaillés ; sur le n° 3, qui porte sur l'un de ses bords une encoche profonde et retaillée à petits coups ; sur le n° 4, qui est une des plus belles pièces que j'aie rencontrées, par son fini, sa minceur et sa magnifique patine blanc-grisâtre. Le n° 6 est un beau grattoir entier. Les nos 7 et 8 sont aussi de très belles pièces, malheureusement le 7 a subi des retouches *modernes* faites par l'ouvrier qui l'a trouvé et qui a cru lui donner ainsi plus de valeur, et le n° 8 a été brisé un peu au-dessous de la partie moyenne par le coup de pioche qui l'a mis à découvert et sans qu'il ait été possible de retrouver la partie ainsi détachée. Ses retouches, parfaitement anciennes et *vraies*, sont extrêmement fines, du plus beau travail et sa patine est d'un gris-bleuâtre d'un très bel effet.

J'allais oublier de mentionner une hache ébauchée (fig. 71) de très grande

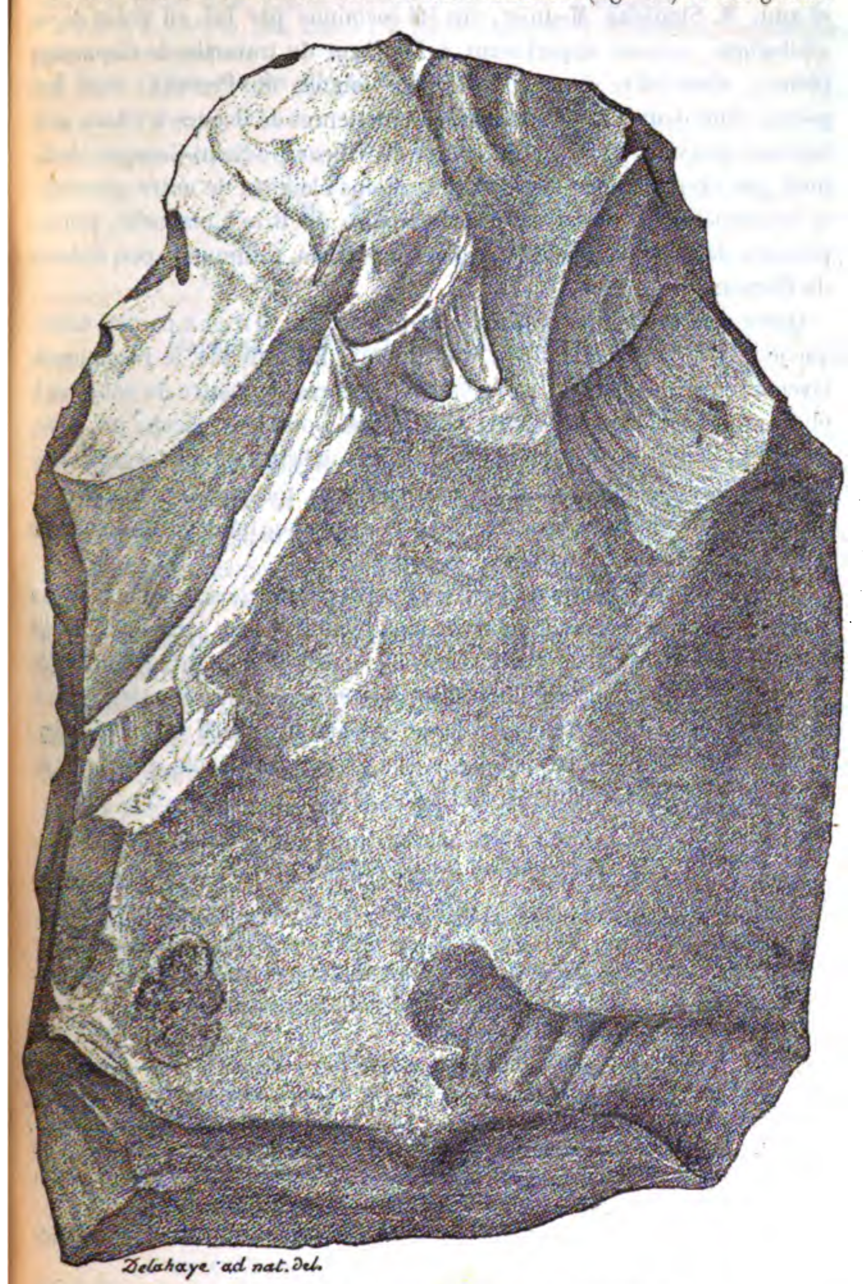


Fig. 71. — Hache ébauchée ou coup de poing (grandeur naturelle).

dimension, en beau silex blanc-grisâtre, du type de Saint-Acheul, hache ou coup de poing, comme l'appelle M. G. de Mortillet.

J'ajoute que tous ces silex, soumis à l'examen de mon excellent confrère et ami, M. Stanislas Meunier, ont été reconnus par lui, au point de vue géologique, comme appartenant à l'horizon du travertin de Champigny (Seine), c'est-à-dire d'une localité peu éloignée du Perreux, sauf trois pièces, dont deux sont des meulières supérieures de Beauce à *Chara medicaginula* pouvant provenir du coteau de Villeneuve-Saint-Georges (de Limeil, par exemple, comme localité la moins éloignée de notre gisement); et la troisième est une meulière inférieure de Brie à planorbe, pouvant provenir de Noisy-le-Grand ou Villiers-sur-Marne, communes peu distantes du Perreux.

Quant aux ossements humains, jusqu'à présent, il n'en a pas été trouvé, que je sache, dans les sablières du Perreux. En tous cas, je recommande vivement aux ouvriers de ces diverses carrières de mettre de côté avec le plus grand soin tout ce qu'ils rencontrent sous leur pioche (os, dents, coquilles, bois et silex), qu'ils soient entiers ou brisés, en observant exactement le point d'origine. D'ailleurs une ou deux fois par semaine, je m'arrange pour suivre leurs travaux, afin que, si quelque importante découverte avait lieu, j'en sois promptement informé.

En résumé, les sablières du Perreux me paraissent constituer un nouveau et très important gisement quaternaire à ajouter à ceux qui ont été déjà signalés aux environs de Paris. Non seulement il démontre une fois de plus la contemporanéité de l'homme et des animaux quaternaires, mais il représente l'une de ces trois grandes phases établies par M. Albert Gaudry, dont les deux autres sont représentées : 1° par les dépôts du plateau de Montreuil; 2° par les sablières de Chelles (1).

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

Toutes ces pièces, à l'exception du n° 7, sont dessinées de grandeur naturelle.

1. Couteau entier avec son bulbe de percussion à la face inférieure (silex jaunâtre).

2. Pointe entière retaillée sur ses bords, parfaitement tranchants (silex brun).

3. Pointe entière avec encoche profonde.

4. Lame entière très mince à face inférieure lisse, sans aucune retouche et pourvue de son bulbe à face supérieure taillée à longs éclats (type moustérien, silex gris-blanchâtre à patine superbe).

5. Autre lame taillée seulement sur l'une de ses faces, avec fines retouches sur l'un de ses bords seulement. La pièce est entière avec son bulbe de percussion (silex brun foncé).

6. Grattoir retouché seulement à son extrémité la plus large (silex blond).

7. Pointe entière en silex gris-clair, avec retouches très fines, malheureusement abîmée

(1) J'ai appris récemment par M. Gaudry que son laboratoire du Muséum possédait depuis peu deux pièces, provenant des sablières du Perreux : une dent d'*Elephas primigenius* et une dent de *Rhinoceros tichorhinus*, qui lui avaient été remises par un habitant de la localité, lequel aurait, depuis un certain temps — antérieurement à mes recherches — recueilli aussi un certain nombre d'ossements et de dents d'animaux dans ces mêmes gisements.

par l'un des ouvriers carriers, qui a cru lui donner plus de valeur en y ajoutant des retouches de sa propre main. Elle est représentée aux 3/4 de sa grandeur.

8. Pointe brisée à la base, intacte à la pointe et pourvue de retouches très nombreuses (silex à patine bleuâtre).

9. Pointe entière, retaillée sur l'un de ses bords.

M. Émile RIVIÈRE

A Paris.

LA FAUNE DES INVERTÉBRÉS DES GROTTES DE MENTON

— *Séance du 19 août 1885* —

Les grottes de Menton ou cavernes des Baoussé-Roussé, dont j'ai eu plusieurs fois l'honneur d'entretenir l'Association française pour l'avancement des sciences, m'ont fourni, outre des vertébrés fort nombreux dont j'ai donné précédemment la liste, une faune d'invertébrés si nombreuse et si variée, que je vous demande la permission de vous en donner ici le catalogue complet, tel que je l'ai dressé avec le savant concours de mon excellent ami M. le Dr Fischer.

Ce catalogue ne comprend pas moins de *cent soixante-onze espèces*, terrestres ou marines, tant fossiles et d'étages différents que vivantes, et parmi ces dernières, tant méditerranéennes qu'océaniques. Je ne parle ici que des pièces apportées par l'homme dans les grottes, soit pour sa nourriture, soit pour sa parure, soit comme objet curieux ou comme monnaie d'échange, si tant est que certaines coquilles lui servaient à cet usage, et je laisse intentionnellement de côté toutes celles qui constituent le sous-sol des grottes, c'est-à-dire le banc coquillier marin sur lequel les habitants des cavernes sont venus s'installer à l'époque quaternaire.

CATALOGUE (1)

A. COQUILLES FOSSILES.

Gault.

Ammonites Lyelli Leymerie.

Craie.

Rhynchonella depressa d'Orbigny.

Nummulitique.

Nummulites perforata d'Orbigny.
— Lucasana Defrance.
Cerithium cornu-copiæ Sowerby.
Arca ind. (2)

Pliocène.

Pecten benedictus Lamarck.
— scabrellus Lamarck.
— Fuchsi Fontanes.

(1) Abréviations : M. signifie méditerranéenne.
— O. — océanique.
— M. O. — à la fois méditerranéenne et océanique.
— Ind. — indéterminable comme espèce.

(2) Elle rappelle l'*Arca turonica* Dujardin, espèce fossile des faluns.

Turritella Archimedis Brongniart.
Cypræa elongata Brocchi.
Ranella marginata Brocchi.
Fusus rudis (1) Philippi.
Pleurotoma undatiruga Bivona.
Nassa prismatica Brocchi.
— mutabilis Linné.
— musiva Brocchi.
Tritonidea Rivierei Fischer.
Terebra fuscata Brocchi.
Dentalium Delessertianum Chenu.

B. COQUILLES VIVANTES.

a. MARINES.

Acéphales.

Lutraria elliptica Lamarck, M. O.
Tapes aureus Linné, M. O.
— decussatus Linné, M. O.
Venus gallina Linné, M. O.
Cardium aculeatum Linné, M. O.
— echinatum Linné, M. O.
— edule Linné, M. O.
— exiguum Gmelin, M. O.
— oblongum Chemnitz, M.
— papillosum Poli, M. O.
— rusticum Lamarck, M. O.
— tuberculatum Linné, M. O.
Lucina borealis Linné, M. O.
— lactea Linné, M. O.
Cardita calyculata Linné, M.
Arca diluvii Lamarck, M.
— lactea Linné, M. O.
Pectunculus glycimeris Linné, M. O.
— pilosus Linné, M.
— violacescens Lamarck, M.
Mytilus edulis Linné, M. O.
Pecten Jacobæus Linné, M.
— maximus Linné, M. O.
— multistriatus Poli, M. O.
— varius Linné, M. O.
Spondylus gæderopus Linné, M.
Ostrea edulis Linné, M. O.
Anomia ephippium Linné, M. O.

Gastropodes.

Alvania crenulata Michaud, M. O.
— europæa Risso, M.
— Montagui Payraudeau, M.
Rissoa subcostulata Schwartz, M.
— variabilis Mühlfeldt, M.
— ventricosa Desmarets, M.
Rissoina Bruguieri Payraudeau, M.
Turritella communis Risso, M. O.
— triplicata Brocchi, M.
Scalaria communis Lamarck, M. O.
— Turtonæ Turton, M. O.
Littorina littoralis Linné, O.
— obtusata Linné, O.
— rudis (2) Maton, M. O.
Natica Alderi Forbes, M. O.
— fusca Blainville, M. O.
— Guillemini Payraudeau, M.
— millepunctata Lamarck, M.
— monilifera Lamarck, M. O.
— olla Marcel de Serres, M.
Turbo rugosus Linné, M. O.
— sanguineus Linné, M.
Phasianella pullus Linné, M. O.
Trochus Adansoni Payraudeau, M.
— adriaticus Philippi, M.
— articulatus Lamarck, M.
— Biasoletti Philippi, M.
— conulus Linné, M.
— conuloides Lamarck, O.
— divaricatus Linné, M.
— Fermoni Payraudeau, M.
— Laugieri Payraudeau, M.
— mutabilis Philippi, M.
— Richardi Payraudeau, M.
— striatus Linné, M. O.
— turbinatus Born, M.
— zizyphinus Linné, M.
Clanculus corallinus Gmelin, M.
— Jussieui Payraudeau, M.
Haliotis lamellosa Lamarck, M.
Cypræa europæa Montagu, M. O.
— lurida Linné, M.
— physis (3) Brocchi, M.
— pyrum Linné, M.
— spurca Linné, M.
Ovula ind.
Marginella miliacea Lamarck, M.
Chenopus pes-pelicani Linné, M. O.
— — var. minor Linné, M. O.
Conus mediterraneus Bruguière, M.
Mitra ebenus Linné, M.
— ind.

(1) Cette coquille est tellement rare dans la Méditerranée, qu'on peut la considérer presque comme fossile.
(2) Rare dans la Méditerranée.
(3) Espèce rare actuellement.

Murex cristatus Brocchi, M.
— Edwardsi Payraudeau, M. O.
— erinaceus Linné, M. O.
— trunculus Linné, M.
Triton nodiferus Linné, M. O.
— cutaceus Linné, M. O.
Fusus corallinus Philippi, M. O.
— pulchellus Philippi, M.
— rostratus Olivi, M.
Cancellaria cancellata Linné, M.
Pleurotoma Philberti Michaud, M.
— ind.
Cassis saburon Bruguière, M. O.
— sulcosa Bruguière, M.
Cassidaria echinophora, Linné, M.
— Tyrrhena Chemnitz, M. O.
Columbella Gervillei Payraudeau, M.
— rustica Linné, M.
— scripta Linné, M.
Purpura lapillus Linné, O.
Buccinum undatum Linné, O.
Nassa corniculum (1) Olivi, M. O.
— gibbosula Linné, M.
— incrassata Müller, M. O.
— neritea Linné, M. O.
— reticulata Linné, M. O.
— variabilis Philippi, M.
Euthria cornea Linné, M.
Cerithium fuscatum Costa, M.
— scabrum Olivi, M. O.
— vulgatum Bruguière, M.
Vermetus ind.
Fissurella gibba Philippi, M. O.
Patella cærulea Linné, M.
— ferruginea Gmelin, M.
— lusitanica (2) Gmelin, M. O.
— — var. à côtes un peu plus fortes.
Patella Tarentina Lamarck, M. O.
— vulgata Linné, O.
Dentalium dentalis Linné, M.
— novemcostatum Lamarck, M.
— Tarentinum Lamarck, M. O.

b. COQUILLES TERRESTRES.

Gastropodes.

Helix aspersa Müller.
— cespitum Müller.
— conspurcata Draparnaud.
— elegans Gmelin.
— nemoralis Linné.
— — var. major.
— niciensis Férussac.
— vermiculata Müller.
— cingulata Studer.
— ericetorum Müller.
— — var. major.
— Mazzullii Jan.
— obvoluta Müller.
— rufescens Pennant.
— striata Draparnaud.
Leucochroa candidissima Draparnaud.
Zonites olivetorum Gmelin.
— — var. Leopoldinus, Charpentier.
— ind. (3)
— spelæus Issel.
Bulimus decollatus Linné.
Buliminus quadridens Müller.
Pupa similis Bruguière.
Cyclostoma elegans Müller.
— sulcatum Draparnaud.
Pomatias obscurus Draparnaud.

J'ai trouvé en outre une annélide (une *Serpula* absolument indéterminable) et deux polypiers appartenant au genre *Cladocora* : le *Cladocora cespitosa* Linné et le *Cladocora*....., (indéterminable).

Telle est la nomenclature des 171 espèces d'invertébrés trouvées dans les grottes de Menton, lesquelles se divisent en :

Invertébrés fossiles	. . . .	20	espèces.
— vivants et marins	. . . . . .	125	—
— terrestres	. . . .	26	—

Parmi les espèces vivantes et marines, 50 sont à la fois méditerra-

(1) Cette espèce ne dépasse pas au nord le golfe de Gascogne.
(2) La *Patella lusitanica* ne dépasse pas non plus dans l'Océan le golfe de Gascogne.
(3) Elle appartient au groupe de l'*olivetorum*.

néennes et océaniques ; 62 appartiennent exclusivement à la Méditerranée et 6 seulement à l'Océan; enfin 7 sont indéterminées.




Fig. 72.

Parmi les coquilles fossiles, il en est une, la *Tritonidea Rivierei*, que nous reproduisons ci-contre (fig. 72). Elle a tout particulièrement attiré l'attention de mon ami M. le Dr Fischer, qui l'a considérée comme une espèce absolument nouvelle, probablement pliocène, et qui a bien voulu la décrire ainsi qu'il suit :

Tritonidea Rivierei *Fischer.*

(Espèce nouvelle, fossile, trouvée dans la sixième caverne.)

Testa ovata, subfusiformis, crassa ; spira conica ; anfractus circiter 7 convexiusculi, spiraliter lirati, radiatim et oblique costulati, infra suturas depressi ; anfractus ultimus 2/3 longitudinis æquans, costis nodulosis ad medium anfractus et inferne evanescentibus, liris inæqualibus ornatus ; apertura ovalis ; margine columellari arcuato, concavo, postice biplicato ; labro intus sulcato, extus varicoso, postice appresso ; cauda brevi.

Longit. 29 ; lat. 16 mill. — Apertura 17 longa, 6 mill. lata.

M. Edmond FUCHS

Ingénieur en chef des Mines.

NOTE SUR LES GISEMENTS DE CUIVRE DU BOLEO

— *Séance du 20 août 1885* —

INTRODUCTION.

L'industrie du cuivre accomplit depuis quelque temps une évolution graduelle et rapide, qui réduit actuellement la valeur commerciale de ce métal à la moitié à peine de ce qu'elle était il y a un petit nombre d'années.

Cette évolution a été la conséquence de la découverte et de la mise en valeur de gîtes de dimensions exceptionnelles, susceptibles de faire face à des productions industriellement illimitées. Leur exploitation s'est, par suite, effectuée dans des conditions économiques inconnues avant cette époque, parce qu'elles ne pouvaient être réalisées aussi longtemps que les gisements, qui concouraient à l'alimentation du marché, n'avaient

qu'une importance secondaire ou n'étaient exploités que sur une petite échelle.

La disparition de ces exploitations de second ordre et la concentration de l'industrie du cuivre dans les grands centres du Sud de l'Espagne, du Montana, du lac Supérieur, du Chili et de l'Arizona, etc., ont créé un nouvel équilibre commercial, et ont ramené la valeur marchande du cuivre au taux réduit qui correspond aux conditions d'existence et de travail de ces grands centres miniers, et qui persistera, par suite, aussi longtemps que durera leur prospérité.

A ce titre, la découverte d'un centre de production de premier ordre présente un intérêt tout spécial, et cet intérêt s'accroît encore lorsque le gîte correspondant affecte une allure et des caractères qui n'avaient point été rencontrés jusqu'ici.

Tel est le cas du gîte du Boleo, que nous avons eu l'occasion de visiter et d'étudier en février et mars 1885, en compagnie de M. le professeur James D. Hague, de New-York, avec la collaboration de M. Robellaz, ingénieur civil des mines, et de M. Lewis William, directeur de la fonderie de cuivre de Copper-Queen (Arizona). Avant notre visite, ce gîte avait été l'objet d'une série d'études remarquables, inaugurées par M. Tinoco, ingénieur mexicain, auquel on doit l'établissement de la belle carte topographique de la région, à l'échelle de 1/5.000, dont on trouvera plus loin une réduction à l'échelle de 1/40.000. (Pl. X.) Ces études ont ensuite été poursuivies, au double point de vue géologique et industriel, par M. Ed. Cumenge, ingénieur au corps des mines, et par M. de la Bouglise, ingénieur civil des mines, dont les travaux, aussi complets que variés, ont jeté une vive lumière sur cet intéressant district métallifère, et ont permis d'en analyser avec soin la richesse et la constitution.

I. APERÇU TOPOGRAPHIQUE.

La région de la Basse-Californie, à laquelle on a donné le nom de *Boleo* et qui renferme des gîtes cuivreux d'une grande importance, est située sur la rive occidentale du golfe de Californie (mer Vermeille) par 27° 25 de latitude nord et par 115° de longitude ouest, à 120 kilomètres au nord-nord-ouest du petit port de Muleje et en face de celui de Guaymas, sur la rive mexicaine, où aboutit le chemin de fer de la Sonora, rameau terminal, vers l'ouest, des voies ferrées du Mexique et des États-Unis. (Pl. X, fig. 2.)

Cette région occupe une surface grossièrement rectangulaire de 8 kilomètres sur 5, dont les deux grands côtés sont formés respectivement : par la mer au nord-est, et au sud-ouest par une grande faille sensiblement parallèle au rivage, tandis que les petits côtés, perpendiculaires

aux précédents, passent, l'un par un piton trachytique, qui a reçu le nom de *Sombrero Montado,* l'autre par les gisements d'albâtre situés un peu à l'est du ravin de l'*Infierno*. (Pl. X, fig. 1.)

La topographie de ce rectangle est extrêmement simple : il est constitué par un vaste plateau d'une régularité remarquable, légèrement incliné vers la mer, et profondément découpé par de grands ravins sensiblement perpendiculaires à la côte, ravins dont les quatre principaux ont reçu les noms de : *Providencia*, *Purgatorio*, la *Soledad* et l'*Infierno*.

La ligne de plus grande pente de ce plateau est orientée N. 65° E. et son inclinaison sur l'horizon est de 2 à 3 degrés seulement, de telle sorte que l'altitude moyenne de la surface du plateau s'abaisse depuis 300 mètres, dans le voisinage de la faille, jusqu'à 70 mètres environ au bord de la mer.

Quelques rares pitons isolés (Sombrero-Montado, Juanita, etc.), s'élèvent brusquement au-dessus de ce vaste plateau, qui se raccorde insensiblement, au nord-ouest avec les pentes du volcan des Trois-Vierges et celles du grand massif de Santa Maria, tandis qu'au sud-ouest et à l'ouest, il se rattache à la Sierra de las Lagonitas, la plus orientale des rides constituant l'axe de la Basse-Californie.

Le climat particulièrement salubre de cette région est caractérisé par son extrême sécheresse. Les pluies y sont exceptionnelles; aussi les vallées, entièrement privées de cours d'eau, ne renferment-elles que des sables et des graviers, qui supportent, pour toute végétation, quelques cactus géants et un arbuste privé de feuilles, désigné sous le nom de *Palo Verde*.

A l'exception d'une petite source, presque toujours tarie et située vers l'embouchure de la vallée de Santa Rosalia, l'eau superficielle fait absolument défaut; en revanche, quelques puits foncés en divers points des vallées semblent démontrer l'existence d'une nappe d'eau souterraine, dont le niveau hydrostatique part de la surface de la mer et se trouve à la profondeur de 100 mètres, dans le voisinage de la grande faille de l'ouest. Salée près de la côté, cette nappe d'eau devient entièrement douce et propre à tous les usages domestiques, dès que l'on s'élève dans les vallées à 4 kilomètres environ de la mer.

Les voies de communication de la région du Boleo sont absolument rudimentaires; elles se réduisent à quelques chemins à peine ébauchés, qui ont été en quelque sorte tracés naturellement dans les vallées par le passage des mules transportant les minerais, et à des sentiers étroits et abrupts qui relient les centres du travail d'une vallée à l'autre en franchissant les plateaux, sentiers dont le plus important rattache le district minier à la petite ville de Muleje, chef-lieu de la municipalité.

La population, extrêmement clairsemée et due presque entièrement à l'immigration récente, provoquée par le travail des mines, est en totalité composée d'Indiens au type sémitique accentué, et se rattachant à la tribu des Yaquis.

Cette race, chrétienne depuis le XVIIe siècle, présente des qualités remarquables au point de vue de la résistance à la fatigue et de l'aptitude aux travaux souterrains les plus pénibles.

II. DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

A. GÉNÉRALITÉS.

La constitution géologique du plateau du Boleo est en harmonie complète avec sa structure topographique, et présente, comme cette dernière, autant de simplicité que de régularité. Elle est mise en évidence, avec une clarté parfaite, par les profondes découpures que font dans le plateau les quatre grands ravins mentionnés plus haut, découpures qui donnent autant de coupes géologiques dont aucune végétation, aucun manteau de terrains de transport, autre que des éboulis toujours limités, ne viennent masquer la netteté. Ces coupes sont sensiblement identiques entre elles et montrent que le sol du plateau est principalement formé d'assises sédimentaires peu puissantes, régulièrement superposées.

La succession de ces assises est la suivante, en allant de haut en bas :

Tuf à couleur dominante jaunâtre, quelquefois un peu calcaire . .	10 à 30^m
Conglomérat à ciment calcaire fossilifère.	2 à 4^m
Tufs jaunâtres ou gris-lilas.	15 à 20^m
Première couche cuivreuse. . . . . (en moyenne)	1^m
Conglomérat à élément prédominant de roche vitreuse.	3 à 4^m
Tufs argileux, gris-lilas, exceptionnellement jaunes ou roses . . .	40 à 50^m
Deuxième couche cuivreuse.	0^{m}80 à 2^{m}30
Conglomérat à éléments principalement gris.	4 à 5^m
Tufs argilo-schisteux, parfois un peu cristallins	6 à 8^m
Tuf compact, gréseux d'un rouge vif, formant un horizon caractéristique (*alcahueta*).	1^m
Tufs rosés, quelquefois gris-lilas, passant au brun vers la base. .	45^m
Troisième couche cuivreuse	0^{m}60 à 3^m
Conglomérat et tuf à éléments prédominants de dacite et de labradorite..	3^m
Tufs de plus en plus cristallins, bruns ou verdâtres, visibles seulement dans le voisinage des pitons trachytiques	50^m

A côté de ces assises stratifiées, surgissent quelques roches éruptives qui forment une double chaîne discontinue parallèle à la côte, et dont la plus occidentale termine, dans cette direction, la région métallifère. Ce sont des trachytes peu acides, voisins des dacites, contre lesquels les couches viennent s'appuyer, ainsi que nous le verrons dans un instant.

Les tufs cristallins brun-verdâtres, qui forment la base de tout le système, renferment probablement une *quatrième couche cuivreuse*. Tout au moins a-t-on rencontré dans un puits voisin de la mine du *Porvenir*, une couche d'oxyde de fer et de manganèse, reposant directement sur le trachyte. D'autre part, dans les ravins situés à l'ouest des travaux de *La Ley*, on constate des lambeaux disloqués d'une couche cuivreuse que quelques ingénieurs regardent comme distincte de la troisième. Enfin une récente exploration du ravin de l'Olvido a rencontré, au milieu des schistes cristallins de la base, une couche fortement imprégnée de minerais cuivreux, reposant sur une dolomie fossilifère, partiellement silicifiée et contenant des mouches de galène et de pyrite cuivreuse.

L'ensemble de toutes ces formations est couronné par une puissante coulée de lave basaltique à péridot, qui forme un manteau discontinu recouvrant les pitons éruptifs et débordant sur les plateaux formés par les assises stratifiées.

Nous allons maintenant examiner en détail la composition de ces différents éléments constitutifs de la région du Boleo.

B. TERRAINS STRATIFIÉS.

Comme on l'a vu dans la coupe précédente, les terrains stratifiés du Boleo se composent de trois groupes d'assises différentes : les tufs, les minerais de cuivre et les conglomérats.

1. Tufs.

Les tufs sont argileux et légèrement feldspathiques, avec de fines paillettes de mica. Ils présentent toutes les nuances comprises entre le gris-jaunâtre et le rose-vif. La couleur jaunâtre domine dans le groupe des tufs supérieurs ; le lilas et le rose sont caractéristiques de la zone médiane ; enfin, tout à la base, les couleurs sont un peu plus foncées, et l'on voit apparaître des lits d'un rouge brun passant parfois au brun verdâtre. Tous ces tufs, et principalement ceux qui sont compris entre la deuxième et la troisième couche cuivreuse, sont plus ou moins imprégnés de petits cristaux de gypse, dont l'importance va en croissant vers le nord-est et qui se réunissent en lits continus et en lentilles aplaties dans la vallée de l'Infierno.

La cristallinité augmente de haut en bas. Elle s'accentue également à mesure que l'on se rapproche des massifs et des pitons trachytiques, et finalement elle atteint son maximum dans les couches tufacées inférieures au troisième niveau cuivreux.

Vers la partie supérieure, au contraire, le faciès argileux domine, et

les tufs qui sont situés au-dessus du dernier conglomérat se chargent de calcaire et passent insensiblement à des argiles marneuses. Enfin, nous devons mentionner la présence de faibles quantités de cuivre dans quelques-uns des lits tufacés compris entre la deuxième et la troisième couche de ce minerai et celle de la silice pulvérulente ou grumeleuse dans les tufs voisins de ces deux mêmes couches.

Cet ensemble d'assises tufacées est donc, par excellence, le produit d'éruptions boueuses sous-marines, dont l'intensité a été en s'atténuant de bas en haut, et qui finalement ont été accompagnées de sources calcaires, dont l'arrivée a coïncidé avec le retour de la vie animale dans les mers peu profondes où les éruptions avaient eu lieu.

Les fossiles, principalement des *Cérites*, des *Pecten*, des *Cardium* et autres bivalves littoraux, sont spécifiquement différents des espèces européennes; mais leurs formes permettent de les rapporter sans hésitation à la période miocène, ou au commencement de la période pliocène, c'est-à-dire à une époque relativement récente. Les strates qui forment la région du Boleo sont donc elles-mêmes miocènes, et se sont déposées au fond d'une mer peu profonde, dans le voisinage plus ou moins immédiat d'une plage.

2. Couches cuivreuses.

a. *Description des couches cuivreuses.* — Les assises au milieu desquelles apparaissent les minerais cuivreux présentent une série de caractères communs et ne sont différenciées que par des détails n'exerçant jamais qu'une influence insignifiante ou secondaire sur leur utilisation industrielle.

Le cuivre se présente au-dessus du niveau hydrostatique, dans les trois couches, sous forme de minerais oxydés, tantôt isolés, tantôt associés ou combinés à d'autres substances telles que le fer, le manganèse, l'acide carbonique, et, à un degré moindre, la silice.

Ce sont l'*oxyde noir* et l'*oxydule de cuivre* avec l'*atacamite* ($CuCl + 3CuO + 3HO$) comme rareté minéralogique, puis le cuivre carbonaté, tantôt bleu *(azurite)*, tantôt vert *(malachite)*; enfin, mais avec une fréquence beaucoup moindre, l'hydrosilicate de cuivre *(chrysocole)* en masses amorphes, bleues ou vertes.

A ces espèces minérales simples s'en joignent d'autres, offrant des combinaisons complexes entre les composés divers du cuivre, du fer et du manganèse; ce sont d'abord des oxydes analogues à la *Crednérite* ($2Mn^2O^3\ 3CuO$), mais où une partie du manganèse est remplacée par du fer; puis la série complexe des hydrosilicates, analogues à la *Wénérite*, ou *chlorite cuivreuse*, dont le terme extrême est une argile jaunâtre avec mouches de cuivre natif, d'oxydule et de carbonate de cuivre, et qui, à cause de sa facile décomposition par les acides, est peut-être simple-

ment un mélange d'argile magnésienne avec les oxydes de fer et de cuivre.

Tous ces types de minerais se présentent dans les couches au milieu d'une gangue tufacée ou argileuse, qui est d'un gris-lilas assez clair quand la couche ne renferme aucune humidité, et sur laquelle les oxydes de cuivre, plus foncés, tranchent avec une grande netteté. Cette gangue d'argile tufacée renferme de 0,1 à 6 0/0 de chlorure de sodium, et une proportion variable de carbonate et de sulfate de chaux, ce dernier allant en augmentant à mesure qu'on se dirige vers le nord-est.

Les relations du minerai avec sa gangue varient fort peu d'une couche à l'autre. Le minerai se présente sous forme de mouches ou de veinules et quelquefois à l'état de petites boules oolithiques, les unes et les autres étant irrégulièrement disséminées dans la hauteur de la couche; mais une concentration marquée a toujours lieu vers la base, où le plus souvent le minerai forme un lit compact, dont la puissance atteint de 15 à 25 centimètres.

A côté de ces caractères communs, chacune des trois couches présente des particularités qu'il importe de signaler.

Nous dirons peu de chose de la première couche, que nous n'avons étudiée qu'accidentellement, et qui paraît d'ailleurs la moins riche des trois. Les minerais y sont surtout à l'état d'oxydes, tandis que les carbonates, comme les silicates, y sont exceptionnels.

La seconde couche présente deux particularités : tout d'abord la proportion de silice qu'elle renferme est un peu plus forte, et c'est elle surtout qui renferme les variétés silicatées, bleues ou vert-pâle, que nous avons déjà mentionnées. Cette richesse en silice paraît s'accentuer dans le voisinage de la grande faille de l'ouest, dont la formation a été suivie d'une venue geysérienne siliceuse, sur laquelle nous aurons occasion de revenir plus tard.

Enfin, c'est presque exclusivement dans cette deuxième couche que le minerai cuivreux se présente sous la forme oolithique, c'est-à-dire sous la forme de petites boules plus ou moins régulières d'oxyde et de carbonate de cuivre, dont le diamètre atteint parfois plusieurs centimètres, et qui ont la structure zonée des oolithes ferreuses. Ces oolithes, auxquelles on a donné le nom de *Boleos*, sont irrégulièrement disséminées dans un tuf argileux, pauvre ou même stérile et constituent un minerai précieux, puisque leur teneur en cuivre s'élève à 35 et même à 40 0/0.

Or, il est en général facile de séparer ces oolithes cuivreuses de leur gangue, soit par un simple criblage à sec, quand la matière a séjourné un temps assez long à l'air pour permettre à l'argile de tomber en poussière, soit par un trommelage humide et systématique, si on veut les traiter immédiatement à leur sortie de la mine, l'une ou l'autre de ces deux opéra-

tions permettant d'obtenir un minerai enrichi d'une teneur moyenne de 25 à 30 0/0.

La troisième couche renferme la totalité des espèces minérales signalées au Boleo. C'est elle qui fournit les argiles jaunes, si peu métallifères en apparence, dont la teneur varie de 10 à 15 0/0; les composés de cuivre et manganèse, voisins de la *Crednérite*, dont la teneur s'élève de 32 à 43 0/0; enfin les amas d'oxyde noir, qui ne contiennent pas moins de 60 0/0 de cuivre. Mais la constatation la plus importante est celle de la présence d'une certaine proportion de deux minerais sulfurés de cuivre, la *chalcosine* (Cu^2S) tenant 75-80 0/0 de métal, et la *covelline* (CuS) contenant 60 0/0 de cuivre. Ces deux minerais ont été signalés dans la région où la troisième couche est située au-dessous du niveau hydrostatique des eaux, et leur apparition, concentrée jusqu'ici dans les nouveaux travaux de la mine Huyar, a été regardée, par quelques ingénieurs, comme le point de départ d'une substitution graduelle qui finirait par ne plus laisser dans la couche que des minerais sulfurés. Nous ne pouvons partager entièrement cette manière de voir. Elle revient, en effet, à considérer le gîte tout entier comme ayant été constitué ordinairement par des sulfures, dont les oxydes, les carbonates et même les silicates ne seraient que des modifications ultérieures, dues aux agents atmosphériques.

Or, cette genèse du gîte, par voie d'oxydation de minerais sulfurés, nous paraît difficilement compatible avec l'existence même des Boleos qui, comme les oolithes ferrugineuses dont ils sont les équivalents rigoureux, ne sauraient, à cause de leur structure même, dériver des sulfures par voie d'épigénie.

Une observation analogue s'applique aux silicates complexes de cuivre, de fer et de manganèse, et encore, dans une certaine mesure, aux composés du cuivre et du manganèse, dans lesquels ce dernier joue le rôle d'acide.

Enfin nous devons signaler, au nord et au nord-est de la région métallifère, la présence de puissants dépôts de sulfate de chaux, qui, dans le ravin de Santa Maria et dans celui de l'Infierno, forme des couches tantôt cristallines, tantôt saccharoïdes (albâtre), et présentant encore, à leur base, le mélange caractéristique de gypse, de minerai de manganèse légèrement cuivreux, et d'oxydes de fer subordonnés.

Que cette couche soit l'équivalent de la troisième zone cuivreuse, comme on le pensait lors de notre visite, ou qu'elle lui soit supérieure, il est certain que le soufre qu'elle renferme s'est déposé à l'état oxydé qu'il affecte actuellement, et que cet état ne saurait être considéré comme le produit des agents atmosphériques.

Il est donc probable que, dans le gîte du Boleo, comme dans ses congénères en tant qu'éruptions boueuses sous-marines et comme dans une

partie des sources minérales actuelles, les minéraux oxydés étaient associés aux minerais sulfurés, et que, si ces derniers ont été partiellement transformés en oxydes, lors de leur dépôt même, par l'action chlorurante des eaux de la mer, enfin s'ils ont finalement disparu tout à fait, par l'action lente des eaux atmosphériques, au-dessus du niveau hydrostatique de la contrée, ils seront tout au plus, au-dessous de ce niveau, les compagnons des minéraux oxydés, ces derniers constituant toujours le remplissage fondamental du gîte.

b. *Cubage des couches cuivreuses.* — Il est intéressant de rechercher quelle est l'importance de ces couches cuivreuses et dans quelle mesure, par suite, elles pourront fournir un appoint durable à l'alimentation de la métallurgie et du marché de cuivre.

Le cubage des gîtes du Boleo peut se faire à deux points de vue différents : On peut, en premier lieu, mesurer la surface totale sur laquelle règnent effectivement les couches, sans préoccupation aucune de leur nature et de leur utilisation possible. On obtient ainsi une évaluation que l'on peut appeler le *cubage géologique des couches.*

La seconde évaluation, plus intéressante à tous égards, consiste à essayer de déterminer les portions des couches qui sont réellement utilisables. C'est *le cubage industriel des richesses utilisables*, qui se sous-divise lui-même naturellement en cubage des ressources minérales délimitées, cubage des ressources assurées et cubage des ressources probables.

Le *cubage géologique* conduit à des chiffres extrêmement élevés. Il suffit, pour s'en convaincre, d'étudier la carte ci-jointe (pl.X, fig.1), sur laquelle les affleurements des trois couches ont été reportés avec soin, et de mesurer les surfaces encadrées par ces affleurements.

On obtient ainsi, pour l'ensemble des trois couches, le total formidable d'environ 100 millions de tonnes.

Le *cubage industriel* conduit naturellement à des résultats beaucoup plus modestes. Ces résultats sont néanmoins fort élevés encore. En restreignant le calcul à la troisième couche seulement, on arrive aux chiffres suivants :

Minerais actuellement délimités par les travaux de tout genre, environ	250.000 t.
Minerais assurés par les constatations faites aux affleurements, complétées par des travaux de recherche, plus de.......	2.750.000 t.
Minerais éventuels, situés sur le prolongement des parties visibles des couches, mais dont la nature est encore inconnue, et qui sont compris dans la troisième couche seulement..	Mémoire.

On voit donc que, même en restreignant le cubage aux minerais de la troisième couche cuivreuse dont l'existence et la nature sont déterminées

dès aujourd'hui, on arrive, pour les ressources assurées du gîte du Boleo, au chiffre élevé de 3,000,000 de tonnes.

c. *Nature et composition des minerais cuivreux.* — La nature et la composition des minerais de la troisième couche cuivreuse ont été déterminées par les analyses ci-jointes, faites sur les prises d'essai systématiques prélevées par MM. Cumenge et de la Bouglise, à l'intérieur des principales mines installées sur cette couche, au-dessus du niveau hydrostatique.

TABLEAU DES ANALYSES FAITES A L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS SUR LES MINERAIS DU BOLEO

NOMS DES SUBSTANCES.	MINE de l'Olvido.	MINE Huyar.	MINE Sontag.	MINE Bom-pland.	MINE Emma.	MINE Prospe-ridad.	MOYENNE de 180 prises d'essai faites dans toutes les mines.
Silice.	23.00	16.80	16.30	22.60	25.00	28.00	22.00
Alumine	10.60	8.80	7.00	10.00	12.08	14.30	10.50
Peroxyde de fer. . . .	12.00	14.00	8.00	10.00	3.80	4.00	8.65
Oxyde rouge de manganèse	9.66	22.00	24.06	11.00	15.00	7.00	14.75
Carbonate de chaux. .	—	—	4.00	3.00	2.00	2.00	1.85
Sulfate de chaux . . .	0.55	—	—	—	2.50	1.30	0.55
Oxyde de plomb . . .	traces.	0.25	—	—	—	—	traces.
Oxyde de zinc.	0.60	1.80	—	—	—	1.20	0.60
Oxyde de cuivre. . . .	26.60	15.60	15.83	20.74	15.00	19.00	18.45
Chlorure de sodium . .	6.40	0.16	0.20	0.50	5.10	0.83	2.20
Perte par calcination .	10.00	20.30	24.00	22.00	10.00	22.00	19.55
TOTAL. . .	99.41	99.71	99.33	99.84	99.45	99.63	99.10
Cuivre métallique °/₀ .	21.28	12.48	12.66	15.59	12.00	15.20	15.00

L'analyse a, de plus, constaté l'absence totale d'arsenic et d'antimoine, ainsi que celle des métaux précieux dans les minerais oxydés. En revanche, des essais récents semblent indiquer, dans les minerais sulfurés, une proportion variable d'argent.

Ces analyses montrent que les minerais de cuivre du Boleo sont d'une pureté exceptionnelle; ils ont, de plus, l'avantage de pouvoir être traités directement pour *cuivre noir* au four à manche à enveloppe hydraulique, (Water-Jacket), sans addition d'aucun fondant, la quantité d'oxygène contenue dans la silice étant sensiblement égale à celle des bases scorifiables, ce qui permet d'obtenir, dans la fonte réductive, une scorie dont la composition est voisine de celle des protosilicates. En même temps que le cuivre noir, il se formera une proportion plus ou moins élevée de *matte cuivreuse*, due à la présence des minerais sulfurés au-dessous du niveau hydrostatique et surtout à la réduction du sulfate de chaux, comme cela a lieu dans le traitement des minerais similaires de la Sonora et de l'Arizona.

3. Conglomérats.

La troisième espèce d'assises qui concourt à la constitution du plateau du Boleo possède, à l'inverse des précédentes, une origine essentiellement clastique. Ce sont des conglomérats, des poudingues et des grès plus ou moins grossiers, composés de fragments roulés de roches empruntées aux terrains déjà émergés au-dessus de la mer dans laquelle s'effectuaient les dépôts. Ces conglomérats ne sont pas distribués d'une manière arbitraire dans l'ensemble des terrains; ils s'y trouvent à quatre niveaux seulement et, sauf le plus élevé, ils sont tous surmontés par l'une des trois couches tufacées renfermant les minerais de cuivre.

Les éléments dont se composent ces conglomérats sont exclusivement empruntés à des roches éruptives. Ils varient d'une couche à l'autre et vont en se compliquant de bas en haut. Dans le conglomérat inférieur, on trouve surtout des *dacites* et des *labradorites*, peu différentes de celles qui forment l'ossature principale des pitons trachytiques de l'ouest. Dans le deuxième et dans le troisième conglomérat, on voit apparaître quelques trachytes plus riches en quartz, notamment un trachyte rouge, avec sanidine cristallisée et quelques rares cristaux de quartz et d'amphibole dans une pâte feldspathique rougeâtre, enfin exceptionnellement quelques *rhyolites* et des tufs feldspathiques durcis, principalement des *domites*.

Dans le conglomérat supérieur, on trouve une série, aussi riche que remarquable, de roches vitreuses et même laviques qui viennent s'ajouter à toutes celles des couches précédentes. Ce sont : des basaltes clairs à cristaux peu distincts de péridot, des phonolites, des perlites, des obsidiennes, généralement vitreuses et compactes, et parfois, — mais plus rarement, — scoriacées et bulleuses.

C. ROCHES ÉRUPTIVES.

Les éléments rocheux dont se composent les conglomérats ont été évidemment empruntés à des massifs éruptifs qui formaient des îlots au milieu des mers où ces conglomérats se sont déposés, ou qui en constituaient les rivages. Il semblerait donc, au premier abord, que l'on devrait trouver, au Boleo, sous forme de pitons, de massifs ou de coulées, la totalité des types de roches représentées dans les conglomérats. Il n'en est rien, et nous n'avons guère constaté, dans les massifs de l'ouest, que deux roches assez constantes : l'une formant l'ossature principale des massifs; l'autre constituant la coulée supérieure, irrégulièrement répandue sur le plateau.

La première est une *labradorite* à texture fluidale, essentiellement composée de labrador avec pyroxène, englobant des cristaux brisés d'orthose

maclée de première consolidation, des cristaux indistincts et rares de péridot, enfin des microlithes de fer magnétique.

La deuxième est une *lave basaltique*, claire, à cristaux abondants de péridot, quelquefois scoriacée et que nous n'avons pas eu occasion d'étudier en détail.

III. ESQUISSE GÉOGÉNIQUE.

La description que nous venons de faire des roches constitutives du Boleo, de leur nature et de leur allure respectives, nous permet de formuler avec assez de précision la géogénie de cette région. La présence de fossiles littoraux dans les couches supérieures nous a déjà montré que ces couches s'étaient déposées dans des mers peu profondes et dans le voisinage immédiat d'une plage sans doute bordée d'une ceinture plus ou moins continue d'îlots. Ces îlots sont, au moins partiellement, les pitons de roches éruptives qui bordent la région du Boleo vers l'ouest; quant à la plage, elle n'était autre chose que le massif complexe de trachytes qui forme, aujourd'hui encore, l'ossature de la chaîne centrale de la presqu'île californienne.

L'éruption de ces trachytes, si l'on en juge par leurs congénères européens, a commencé vers le milieu de la période éocène, et s'est prolongée pendant la presque totalité de la période miocène; mais il est facile de montrer qu'elle était achevée, au moins dans ses grands traits, au moment où le groupe des tufs du Boleo a commencé à se déposer.

En effet, nous avons déjà signalé le fait que les assises formées par ces tufs étaient légèrement redressées le long de leur contact avec les petits massifs éruptifs de l'ouest. On n'en trouve aucun lambeau surmontant ces massifs, et l'on n'y constate nulle part les déchirures ou les plissements qui se fussent produits infailliblement si les trachytes s'étaient fait jour à travers les couches déjà déposées; mais l'inclinaison même de ces couches, plus grande dans le voisinage des massifs éruptifs que près de la plage, prouve que ces massifs, et avec eux la contrée tout entière, ont continué à être le théâtre de soulèvements complémentaires qui se sont produits pendant et après le dépôt des tufs stratifiés.

La présence de quatre couches de conglomérats, intercalés au milieu des tufs, montre que ces soulèvements ont été au nombre de quatre au moins, et que chacun d'eux a été suivi de mouvements de la mer assez considérables pour déterminer l'arrondissement de tous les fragments accumulés au pied du rivage.

Une autre preuve de ces soulèvements se trouve dans le fait, en quelque sorte connexe du précédent, que l'inclinaison générale des couches situées au-dessus du conglomérat inférieur, est un peu plus forte que celle des

couches qui sont comprises entre ce conglomérat et le suivant, lesquelles sont elles-mêmes un peu plus inclinées que les couches superposées au deuxième conglomérat. Le même phénomène se reproduit encore, quoique avec une intensité moindre, pour les assises qui surmontent ce dernier. Enfin, celles qui couronnent toute la formation sédimentaire, et qui sont caractérisées par la présence des coquilles marines, sont à peine inclinées sur l'horizon et présentent une discordance de stratification très nette avec les précédentes. Elles n'ont, en effet, subi que le soulèvement final qui a, sans doute, affecté la presqu'île californienne tout entière, et qui l'a fait définitivement émerger au-dessus de l'océan Pacifique, en conservant à l'ensemble des formations leur régularité et leur parallélisme.

Tous ces mouvements d'ensemble n'ont pu s'opérer sans entraîner des accidents de détail, failles et fractures de tout ordre, et l'on peut, en effet, constater l'existence de nombreuses dénivellations des strates, non seulement dans les travaux souterrains et principalement dans ceux qui sont voisins de la région des trachytes, mais encore à la surface même, dans les grands escarpements qui encadrent les vallées; on peut citer notamment, sous ce rapport, la série des failles avec rejets recoupant, avec tant de netteté, la haute falaise qui surmonte les vieux travaux de la mine Huyar dans la vallée de Providencia, à 4 kilomètres environ de la mer.

Ici encore, la trace des quatre soulèvements se fait nettement sentir. Ce sont les assises du groupe inférieur qui sont le plus fréquemment et le plus fortement affectées par les fissures secondaires, les couches superposées aux conglomérats supérieurs n'étant que rarement et toujours faiblement disloquées.

Naturellement aussi, ces fissures ont leur maximum d'intensité dans le voisinage des îlots trachytiques anciens, et elles ont produit, tout à l'entour de ces îlots, dans les couches imprégnées de cuivre, et principalement dans la troisième, des dénivellations assez considérables pour qu'il soit quelquefois assez difficile de réunir par la pensée les lambeaux ainsi déchiquetés.

C'est ce que l'on observe notamment dans les collines situées en face de la mine du *Porvenir*, où les affleurements de la troisième couche semblent former une série double, cette allure apparente s'expliquant par un faisceau de failles parallèles à la vallée, laquelle, en ce point, a sans doute épousé elle-même un élément de fracture.

Le même phénomène se reproduit encore, avec une intensité plus considérable, dans les ravins situés à l'ouest de la mine *Emma*, où la troisième couche est si fortement disloquée et rejetée, que l'on a pu en considérer le fragment occidental comme une couche distincte, située en contrebas d'une cinquantaine de mètres environ.

Enfin, des phénomènes analogues s'observent dans le massif qui sépare les

vallées de la Providencia et du Purgatorio et dans la vallée de la Soledad qui aboutit au pied des mines de l'*Amalia* et de l'*Olvido*.

Dans le premier, une grande faille, orientée sensiblement du nord au sud, relève brusquement la première couche cuivreuse au sommet du contrefort qui termine le massif et ramène, au-dessus du niveau de la vallée, la deuxième couche cuivreuse qui avait disparu sous les alluvions, à 2 kilomètres en amont de ce point, un peu en aval des mines Patti et Bompland.

Il est à remarquer que dans le voisinage de cette faille, et principalement sur le flanc gauche de la vallée du Purgatorio, apparaît un massif trachytique grossièrement stratifié, qui a dû former un îlot au milieu des mers où se sont effectués les dépôts, puisqu'il est directement surmonté par le groupe des couches qui encadrent le deuxième niveau cuivreux ; il a, d'ailleurs, été affecté, lui aussi, par les phénomènes de dislocation et de soulèvements secondaires, puisqu'il est relevé en même temps que la deuxième couche cuivreuse qu'il supporte.

Dans la vallée de la Soledad, trois failles principales, au moins, affectent la troisième couche cuivreuse et elles ont pour effet : la première, de relever le gîte dans les travaux de l'*Amalia*, la deuxième, de faire affleurer cette couche deux fois sur les flancs du ravin : une première fois, à la hauteur de la Fortuna ; une deuxième, moins distincte il est vrai, dans un ravin de droite situé 1,500 mètres environ plus bas.

Mais il est un accident qui prime, et de beaucoup, par son importance, toutes les petites fissures de détail que nous venons d'énumérer. C'est une grande fracture, qui est parallèle, dans son ensemble, à la ligne du rivage distante de 6 kilomètres, et dont l'orientation varie entre nord 40° ouest et nord 65° ouest. Tout le terrain, situé à l'ouest de cette faille, est abaissé en moyenne de 70 mètres (le rejet atteint 110 mètres dans le haut de la vallée de Providencia), en sorte que, dans la partie abaissée, la deuxième couche cuivreuse arrive presque au niveau des vallées, et que la troisième est rejetée à plus de 50 mètres au-dessous de ces dernières.

L'ensemble de tous ces phénomènes de soulèvement et de fracture a-t-il été purement mécanique, ou bien a-t-il été complété par l'arrivée au jour de roches éruptives ? On ne saurait douter de cette arrivée, bien que ces roches ne soient, en général du moins, pas visibles à l'intérieur du district métallifère du Boleo. Mais leur existence et leur présence dans le massif éruptif axial ne sauraient faire l'objet d'aucun doute, à cause de la circonstance, déjà mentionnée, que les éléments des conglomérats, qui ne sont autre chose que des fragments roulés, empruntés à ce massif alors qu'il surgissait au-dessus de la mer miocène, sont variables d'un conglomérat à l'autre.

Les roches trachytiques proprement dites existent seules, ou à peu

près, dans le conglomérat inférieur, tandis qu'elles sont associées à un nombre croissant de roches vitreuses proprement dites dans les conglomérats suivants. Toutes ces roches ont donc dû se faire jour dans la chaîne centrale de la presqu'île californienne, et l'on doit retrouver, dans l'axe de cette chaîne, une succession de dacites, de trachytes feldspathiques, de domites, de phonolites, de perlites et d'obsidiennes, ayant sans doute apparu dans le même ordre et probablement aux mêmes époques que leurs congénères des massifs de l'Auvergne, du Sieben-Gebirg, des Apennins et du Caucase.

Mais si ces roches éruptives font défaut dans le plateau du Boleo, elles y sont représentées par des matières d'émanation d'une origine essentiellement filonnienne, et qui doivent leur être rattachées d'une façon tout à fait intime. Ce sont les trois gîtes cuivreux qui sont régulièrement superposés à chacun des trois conglomérats inférieurs et dans lesquels les minerais métalliques ont pour gangue des argiles magnésiennes également d'origine éruptive. Ces gîtes sont le pendant exact de ceux des Apennins, de la Sonora et de l'Arizona, qui apparaissent, eux aussi, au milieu d'argiles stéatiteuses et serpentineuses, elles-mêmes liées à de puissantes éruptions de roches magnésiennes, gabbros, serpentines et euphotides.

La seule différence entre ces deux groupes de gîtes, c'est que les uns sont sortis au milieu de massifs éruptifs déjà émergés et qu'ils affectent, par suite, la forme d'amas, de dykes et de filons, tandis que les gîtes du Boleo ont eu leurs points d'émergence au pied des massifs éruptifs de la presqu'île californienne, au-dessous du niveau de la mer et dans le voisinage de la rive. Ils se sont présentés, par suite, sous la forme d'éruptions boueuses sous-marines et constituent un des exemples les plus complets de ces gîtes, si précieux par leur régularité et leur continuité, qui ont le double caractère de l'éruptivité, quant à leur origine, et de la sédimentation, quant à leur forme, à leur mode de dépôt et à leur extension.

On peut rapporter à ce type de gîtes la plupart des formations métallifères de premier ordre; nous citerons seulement: les puissantes couches d'oxyde de fer imprégné de minerais de plomb et de zinc, situées à la base du terrain jurassique du Gard; celles de composition analogue placées au-dessous du calcaire permien de la province de Carthagène; les vastes dépôts de minerais de fer oolithique compris entre le Lias et l'Oolithe inférieure de la Moselle et du Cleveland; les schistes permiens imprégnés de minerais de cuivre de Mansfeld ; les grès plombifères triasiques de la Sarre et des bords du Rhin, enfin les grès du même âge, imprégnés de cuivre natif, qui forment les minerais si purs de Corocoro au Chili.

Postérieurement à tous ces phénomènes de soulèvement partiels et d'éruptions ignées et hydrothermales, et couronnant toute la région, sont venues d'énormes coulées de laves vitreuses basaltiques ayant sans doute

leur origine dans le volcan des Trois-Vierges. Ces laves correspondent à l'émersion définitive du plateau du Boleo, et sont venues recouvrir ce dernier d'une nappe irrégulière, qui, en certains points, s'avance jusqu'au voisinage même de la mer (rive droite de l'Infierno).

Les petites fractures secondaires, qui morcèlent les couches dans le détail, ne paraissent pas avoir été accompagnées de matières d'origine éruptive. Toutefois la grande faille terminale de l'ouest a donné passage à des eaux geysériennes riches en quartz, qui ont plus ou moins silicifié les assises sédimentaires et même les roches éruptives qui forment les deux lèvres de cette faille.

Cette circonstance nous permet d'affirmer que la formation de la faille terminale est venue clore la série des phénomènes géologiques qui ont affecté la contrée. Il faut en excepter toutefois le creusement des vallées, qui s'est produit au début de la période quaternaire, et qui s'est brusquement arrêté à l'ère actuelle, la pluie ayant, à de rares exceptions près, cessé de tomber depuis des siècles sur la presqu'île californienne.

IV. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Nous pouvons maintenant nous faire une idée fidèle de la série des phénomènes géologiques dont le Boleo a été le théâtre et qui se résument de la manière suivante :

Formation de l'arête centrale de la péninsule sous la forme d'une chaîne complexe de trachytes, vers la fin de l'époque éocène et au commencement de l'époque miocène.

Épanchement sous-marin, pendant la période miocène et au commencement de la période pliocène, de tufs feldspathiques et argileux constituant des éruptions boueuses qui se sont étalées, sous forme de couches régulières, sur le fond d'une mer peu profonde.

Interruption, à quatre reprises différentes, de cette période de calme par des soulevements de second ordre, accompagnés de venues de roches, d'abord trachytiques, puis vitreuses (dacite, rhyolithe, phonolite, perlite, obsidienne).

Formation de quatre conglomérats, caractérisant la fin de ces trois soulèvements partiels et caractérisant le début des périodes de calme subséquentes, la formation du dernier ayant coïncidé avec le réapparition de la vie dans les mers tertiaires de cette région.

Éruptions hydrothermales et métallifères, cuivreuses, ferreuses et manganésées, inaugurant le retour des éruptions sous-marines boueuses caractéristiques de chacune des périodes de calme.

Exhaussement complet et définitif de tout le plateau du Boleo, et formation du cratère de soulèvement des Trois-Vierges.

Épanchement par ce cratère, ou par des fissures et des cratères adventifs, de la grande nappe de basaltes vitreux qui couvre les sommets et s'étale sur la partie nord-ouest du plateau.

Dénudation partielle du plateau par les phénomènes diluviens.

Creusement des vallées et constitution de l'orographie actuelle.

M. ARVET-TOUVET

A Gières (Isère).

COMMENTAIRE SUR LE GENRE HIERACIUM

— *Séance du 14 août 1885* —

Je crois qu'une monographie du genre *Hieracium*, à vingt-trois ans d'intervalle de l'*Epicrisis*, c'est-à-dire de la dernière qui a paru, est attendue avec impatience et serait accueillie avec une faveur marquée par tous les botanistes. Mais, depuis que le célèbre et regretté Fries a été enlevé à la science, il est permis de se demander qui, aujourd'hui en Europe, osera l'entreprendre, qui pourra se flatter de donner sur ce genre immense et, sans exagération aucune, extraordinairement difficile, un ouvrage satisfaisant.

Le D[r] Nœgëli, qui l'observe et l'étudie d'une façon toute spéciale depuis plus de quarante ans, semblait mieux que tout autre devoir mener à bien cette entreprise: ce qu'il vient de publier récemment, en collaboration avec le D[r] Peter, sur le sous-genre *Pilosella*, nous montre ce que nous devons attendre de lui pour le genre entier.

D'autres botanistes de notre époque se sont également attachés, depuis de longues années, à l'étude de ce genre difficile; ce sont MM. Asa Gray, Lindeberg, Norrlin, Almquist, Fiek, Uechtrits, Celakousky, Freyn, Rehmann, Vukotinovic, Huter, Wiesbaur, de Janka, Willkomm et Lange, Boissier, Burnat et Gremli, Jordan et Timbal-Lagrave, etc.

Ce n'est pas ici le lieu de donner l'historique complet du genre, en remontant à ses origines, le suivant dans tous ses développements et passant en revue les nombreux auteurs qui l'ont successivement enrichi et éclairé par leurs travaux. Mais il est nécessaire pourtant de parler de la

tradition, dont il faut tenir grand compte, à notre avis, dans une monographie du genre et dont l'importance est trop souvent méconnue de nos jours.

On sait le cas que faisaient les *Patres* de la synonymie, qui, pour eux, semblait être la partie la plus importante, la plus difficile de la botanique et l'une de celles qu'ils étudiaient avec le plus de soin. Aujourd'hui la synonymie n'a plus à nos yeux qu'une importance très secondaire. Elle est omise, ou à peu près, dans la plupart des ouvrages descriptifs et, sans doute, avec raison, car, dans l'état actuel de nos connaissances, elle ne serait plus guère pour nous qu'un bagage encombrant.

Mais, si l'on néglige la synonymie, je crois qu'il faut, plus que jamais, continuer à s'inspirer de la tradition, si l'on ne veut s'exposer à donner une fausse direction à la science, en croyant la faire progresser. Des têtes organisées pour l'observation et la recherche de la vérité dans les faits, comme l'étaient celles des grands botanistes nos devanciers, si elles n'ont pas dévoilé tous les secrets de la nature et édifié toute la science, elles en ont du moins entrevu les lois fondamentales, et l'on peut croire que les bases qu'elles lui ont données, par leurs travaux, sont inébranlables.

Linné, à lui seul, vaut plusieurs générations de naturalistes! S'il fut une époque où la notion du genre et de l'espèce était nette et uniforme, ce fut certainement l'époque mémorable où son influence régnait en souveraine et où naquirent tous ces immortels ouvrages descriptifs qui ne seront jamais surpassés. En est-il ainsi de nos jours? Ces notions fondamentales sont-elles acceptées par tous les botanistes? Non certes; et l'on ne s'entend plus! Des esprits novateurs, répudiant l'héritage du passé, ont cru avoir découvert de nouveaux principes et pouvoir donner de nouvelles bases à la science. Le transformisme et le jordanisme nous ont valu ces résultats. Ces deux écoles, avec des points de départ tout opposés, sont arrivées, en somme, aux mêmes conséquences.

Un fait à noter, c'est que c'est aux genres critiques et polymorphes, où les limites de l'espèce sont ou paraissent vacillantes et où sa notion a toujours été plus ou moins confuse, que ces novateurs s'adressent de préférence. Il me semble, cependant, que la marche contraire est tout indiquée et que, si l'on veut de bonne foi tenter l'expérience, il faut commencer par les genres les plus faciles, les moins polymorphes, où la notion de l'espèce a été uniforme, jusque-là, pour tous les botanistes.

Ceci m'amène à parler de la monographie du sous-genre *Pilosella* que vient de publier le célèbre Nœgëli, sans contredit l'un des représentants les plus autorisés du transformisme en Allemagne, avec le concours et la collaboration du Dr Peter. Ce qu'il a fallu de patientes remarques et d'expérimentations et en même temps de subtiles hypothèses et de déductions minutieuses pour produire une pareille publication, il n'est pas facile

de le dire. Quarante années d'observations avec toute l'assiduité et tout le génie de l'auteur, me paraissent bien courtes et bien insuffisantes pour le contrôle des expériences tentées et des conclusions qu'on en tire. Mais une chose sûre pour moi, c'est le peu de profit qu'en retirera la phytographie.

On nous parle de 3,000 formes ou espèces en voie de formation, rien que dans le sous-genre *Pilosella*, ce qui les porterait au moins à 12,000 pour le genre entier! Mais je mets au défi le botaniste le mieux organisé de se reconnaître jamais dans un pareil dédale, en supposant même qu'il puisse consacrer à cette étude son existence entière. Ce n'est donc pas là, comme on semblait l'annoncer, une continuation ou une revision des travaux de Fries. Ce n'est pas, à notre avis, une monographie qui puisse faire avancer et vulgariser de plus en plus la connaissance d'un genre un peu négligé jusqu'à nos jours, à cause de son extrême difficulté. C'est une œuvre de secte, entreprise bien plutôt pour étayer un système et servir de base aux opinions d'une école, que pour élucider un genre. L'urgence d'une monographie pratique est donc la même, après comme avant ce travail. Les principes, la méthode, en un mot, la tradition qui s'impose et qu'il faut continuer, si l'on veut espérer le succès pour une pareille entreprise, est celle des botanistes qui l'ont commencée et fait progresser jusqu'à nos jours. C'est-à-dire, en remontant vers Linné, celle des Grisbach, des Schultz Bip., des Grenier, des Fries, des Koch, des Frœlieh, des Hoppe, des Allioni, et enfin et surtout de Villars, que Fries, dans sa correspondance, appelle à plusieurs reprises, et avec raison, le plus éminent des botanistes qui se sont occupés du genre *Hieracium* « *Botanicorum hieraciologicorum princeps* ».

Ce vaste genre a des représentants à peu près dans toutes les contrées du globe, mais en Europe beaucoup plus que dans toutes les autres, de telle sorte que l'on peut dire que c'est par excellence un genre européen. La nature semble avoir placé son centre d'habitation et de dispersion dans nos grandes Alpes, dans la chaîne même du partage des eaux, d'où il rayonne et se répand dans les chaînes secondaires, à peu près dans toutes les directions, avec prédilection toutefois vers le bassin méditerranéen. Il faut remarquer encore qu'à mesure qu'on descend vers la plaine ou qu'on se dirige vers le nord, le nombre des individus augmente, mais celui des espèces diminue et que le contraire a lieu en se rapprochant du bassin de la Méditerranée ou en s'élevant sur les hauteurs.

Quelques sections sont représentées plus particulièrement dans certaines chaînes: ainsi les *Cerinthoïdea* et *Pseudocerinthoïdea* dans les Pyrénées, tant françaises qu'espagnoles; la section *Alpina* dans les Sudètes, etc.; mais à peu près toutes les sections sont représentées dans les Alpes centrales-occidentales, c'est-à-dire dans nos Alpes du Dauphiné. Quel charme, pour le botaniste qui pénètre dans ces contrées privilégiées, de trouver,

pour ainsi dire à chaque pas, des espèces rares et, près des glaces éternelles, c'est-à-dire aux plus grandes altitudes de végétation, des espèces comme *H. subnivale*, *ustulatum*, *globulariæfolium*, etc. ! N'y a-t-il pas là de quoi faire oublier et les fatigues et les sueurs inséparables de pareils voyages ?

Villars était donc mieux placé que personne pour étudier ce beau genre : ce qui, avec les ressources de son génie, nous explique facilement la supériorité de ses travaux sur ceux de même nature des autres botanistes, ses contemporains ou même ses successeurs, jusqu'à Fries, qui seul peut lui être comparé. Il trouvait dans le Gapençais, dans l'Oisans, dans le Vercors des sujets inépuisables de comparaison et d'étude, les formes les plus rares, les espèces les mieux caractérisées qu'il a su peindre ou fait graver avec une précision incomparable.

Il me reste à appeler l'attention des naturalistes sur une question encore controversée, mais qu'il importe de ne pas passer sous silence, sur le fait, presque entièrement méconnu par les botanistes qui nous ont précédés, et spécialement par ceux de l'école linnéenne, et qui me paraît indéniable, de l'existence dans le règne végétal, et spécialement dans le genre *Hieracium*, de nombreux hybrides dont beaucoup conservent, quoique d'une manière affaiblie, la faculté de se reproduire.

Le Dr Christ, de Bâle, dans son récent travail sur le genre *Rosa* (1884), traduit en français et commenté par E. Burnat (1885), s'exprime ainsi, à propos des Roses hybrides, chap. XVI, p. 34 : « Avant les recherches de Kœlreuter (1761-1766), Knight (1828), W. Herbert (1837), Gaertner (1849), Wichura (1865) et d'autres, la manifestation d'une plante hybride était considérée comme fortuite et sans importance scientifique. A la suite des résultats obtenus par ces observateurs, la question de l'hybridité a pris une importance telle, qu'un savant de notre époque doit lui vouer une attention particulière, lorsqu'il s'occupe d'une manière spéciale d'un groupe de plantes quelconque. »

Dans ma monographie des *Pilosella* et des *Hieracium* du Dauphiné, publiée en 1873, j'ai moi-même insisté sur ce fait d'une façon toute spéciale, parce que, j'en ai la conviction, à mesure qu'il sera mieux démontré, il résoudra bon nombre de difficultés regardées jusqu'à nos jours comme insurmontables.

On peut même dire qu'il servira à établir une marque de plus, une nouvelle différence assez importante entre le règne végétal et le règne animal. Dans celui-ci, en effet, l'hybride est rare, toujours stérile et paraît contre nature. Dans celui-là, il est très fréquent, souvent fertile, paraît répondre à une loi naturelle et ne présente, dans tous les cas, rien de monstrueux, puisque ce sont les vents et les insectes qui en sont les agents intermédiaires et inconscients. La découverte récente et la démon-

stration de cet autre fait, que l'autofécondation est rare et que la fécondation croisée est la loi habituelle dans la plupart des plantes hermaphrodites, sont un argument de plus en faveur de la possibilité et de la fréquence des hybrides dans le règne végétal.

Mais, dans la recherche des faits d'hybridité, comme dans ceux de formes et d'espèces, il faut, d'un côté, se tenir en garde contre la précipitation, et, de l'autre, se préserver soigneusement de toute exagération. Il est un point, dans l'étude de la nature, où nos facultés, nécessairement limitées, ne peuvent plus rien percevoir et surtout démontrer et faire distinguer aux autres avec quelque précision : c'est le point, en phytographie surtout, où il faut savoir s'arrêter. M. Nœgëli, en nous donnant sa monographie, nous a montré qu'il ne partageait pas cette manière de voir.

APERÇU SYSTÉMATIQUE DU GENRE *Hieracium* AVEC ÉNUMÉRATION DES ESPÈCES ET FORMES LES PLUS REMARQUABLES DU DAUPHINÉ ET DE LA SAVOIE.

« *Ad uberiorem generis cognitionem nil plus confert, quam ejusdem in series et stirpes vere naturales distributio, sine qua omnis descriptio fallit.* » Fries, *Symbol.*, p. VI.

Le genre *Hieracium* se partage naturellement en quatre sous-genres:

1° Le sous-genre *Stenotheca* Fries, Epic., p. 140, dont plusieurs espèces ont la plus grande affinité avec le genre *Crepis*.

2° Le sous-genre *Mandonia* Arv.-T. Spicileg., p. 21.

3° Le sous-genre *Pilosella* Fries, Epic., p. 9.

4° Le sous-genre *Archieracium* Fries, Epic., p. 42.

Les deux premiers étant étrangers à l'Europe, je ne développerai ici que les deux derniers, c'est-à-dire les sous-genres *Pilosella* et *Archieracium*.

1° SOUS-GENRE PILOSELLA.

Ce sous-genre, très naturel, ne contient ni sections ni sous-sections, mais seulement des groupes assez mal définis et mal limités. C'est la raison pour laquelle je n'ai pas admis les noms substantifs de *Rosella* et de *Cymella*, adoptés pour deux d'entre eux par Fries et que j'ai remplacés par ceux adjectifs de *Rosellina* et de *Cymellina*, plus conformes aux lois de la nomenclature botanique.

1er groupe : Pilosellina.

Les espèces les plus remarquables de nos Alpes, appartenant à ce groupe, sont: *H. biflorum* Arv.-T., qui vient dans le massif des Grandes-Rousses, en Oisans, au Lautaret et qui se retrouve sur les montagnes de Grèce, où il a été décrit ultérieurement par Boissier sous le nom de *Ruprechtii* Boiss.; *H. hybridum* Chaix, qui vient sur les sommets calcaires des Hautes-Alpes et de l'Isère et qui est vraisemblablement un *Cymoso* Peleterianum; H. Faurei* Arv.-T., qui vient au Lautaret, dans tout l'Oisans et qui se retrouve en Savoie, en Suisse et dans le Tyrol; *H. auriculæforme* Fries, qui vient dans le massif du Pelvoux,

sur le plateau Paris près la Grave (Hautes-Alpes) et qu'on ne retrouve, en Europe, qu'en Suède et en Norwège. Je ne parle pas de l'*H. Peleterianum* Mer., qui vient sur toutes nos Alpes, ni de l'*H. Camerarii* Call., très fréquent au Lautaret, en Savoie et au Viso.

2e groupe : Rosellina.

Il faut citer, dans ce groupe, comme très remarquables pour nos Alpes: *H. globulariæfolium* Arv.-T., qui n'a été trouvé jusqu'ici que sur les sommets les plus élevés et les plus froids du Valgaudemard, autour du lac de Pétarel, mais qui devra se retrouver dans le Champsaur, dans le massif du Pelvoux, etc.; *H. glaciale* Lach. et sa variété *Kochii* Gremli, communs dans nos Alpes; *H. Smithii* Arv.-T. ou *glaciale* auricula*, assez commun sur les Alpes du Dauphiné et de la Savoie et qui se retrouve en Suisse et dans le Tyrol.

3e groupe : Auriculina.

L'*H. aurantiacum* L. est assez rare en Dauphiné, mais un peu moins en Savoie. L'*H. aurantiacoïdes* Arv.-T. vient au Lautaret, à la Grave, dans le massif des Rousses, et se retrouve en Bohême, où il a été nommé récemment par Uechtr. *H. Iseranum*, et dans le Tyrol, où il a reçu de Kerner le nom d'*H. tyrolense.* L'*H. fuciflorum*, Arv.-T., confondu à tort avec l'*H. biflorum*, vient dans le massif des Rousses, aux bords du torrent de Sarrène.

4e groupe : Cymellina.

Il faut citer pour nos Alpes : *H. sabinum* Seb. M., et sa variété, *rubellum*, qui est l'*H. multiflorum* Schl.; *H. Laggeri* Sch. Bip., qu'on a tort de confondre soit avec le *glaciale*, soit avec le *sabinum*; *H. anchusoïdes* Arv.-T., qui se retrouve en Espagne, où on l'avait pris à tort pour l'*echioïdes* Lumn.

5e groupe : Prœaltina.

L'espèce la plus remarquable de ce groupe, pour nos Alpes, est l'*H. florentinoïdes* Arv.-T., qui est peut-être l'*H. acutifolium* Vill. et qui se retrouve en Corse, en Autriche et spécialement aux bords de l'Adriatique, où il a été nommé postérieurement par Nœgëli *H. adriaticum.* Il faut citer encore comme forme ou espèce très rapprochée, et comprise d'abord sous le même nom, l'*H. caricinum* Arv.-T., qui vient sur le plateau de Taillefer, en allant de la Morte au lac du Poursollet.

2° SOUS-GENRE ARCHIERACIUM.

Ce sous-genre, le plus vaste de tous, se partage naturellement en 11 sections, comprenant chacune un ou plusieurs groupes. Mais il est bon de dire que toutes ces sections se relient par de nombreux anneaux et se rattachent les unes aux autres par des transitions quelquefois insensibles: ce qui rend leur classement méthodique et leur disposition linéaire souvent très difficiles.

SECTION 1. AURELLA KOCH.

Cette section, une des mieux représentées dans nos Alpes, se partage naturellement en 4 groupes.

1er *groupe : Glauca.*

Les espèces et sous-espèces les plus remarquables de nos Alpes sont: *H. bupleuroïdes* Gmel. confondu par tous les botanistes dauphinois, et par beaucoup d'autres, avec l'*H. glaucum* All.; *H. arenicola* Godet, qui est en partie l'*H. saxetanum* Fries et qui vient dans le massif du Pelvoux, à la Grave et aux Clôts-en-Valgaudemard; *H. Neyrœanum* Arv.-T., qui vient au pied du col du Lautaret et qui est une espèce très distincte; *H. glaucopsis* G. G. de l'Oisans et des Hautes-Alpes; *H. leucophœum* G. G. du massif de Lans, auquel se rapporte l'*H. Godeti* Christener; *H. inclinatum* Arv.-T. du massif de la Chartreuse du côté des Échelles et de Chambéry; *H. calycinum* Arv.-T., du Valbonnais, qui vient également dans les Alpes maritimes et en Croatie, etc.

2e *groupe : Eriophylla.*

Ce groupe, remarquable par ses poils subplumeux, qui le rapprochent des *Cerinthoïdea*, comprend parmi ses plus belles espèces ou formes: *H. Pamphili* Arv.-T., qui vient au Lautaret, à la Salette et en Piémont; *H. Muteli* Arv.-T., qui vient en Oisans, aux environs de Gap et dans les Alpes maritimes; *H. chloropsis* G. G., ou mieux *Morisianum* Rchb. (car le nom de Grenier est incertain), et enfin *H. eriophyllum* Willd., qui tous viennent abondamment au Lautaret et dans tout le massif du Pelvoux.

3e *groupe : Villosa.*

Il faut signaler, dans ce groupe: *H. scorzonerœfolium* Vill. et sa variété *glabratum; H. chlorœfolium* et *callianthum* Arv.-T., voisins, mais distincts du précédent; *H. dentatum* Hoppe et sa variété *Gaudini; H. plantagineum* Arv.-T.; *H. dasytrichum* Arv.-T. ou *villoso* glanduliferum*, etc.

4e *groupe : Pilifera.*

Ce groupe, l'un des plus caractéristiques de nos Alpes, comprend, entre autres: *H. ustulatum* Arv.-T. avec plusieurs variétés dont une est l'*H. absconditum* Huter; *H. armerioïdes* Arv.-T. et sa variété *trichocladum; H. piliferum* Hoppe et sa variété *fuliginatum*, considérée par quelques-uns comme un hybride; *H. glanduliferum* Hoppe et sa variété *canescens* (*H. leucochlorum* A.-T.); *H. subnivale* G. G., qui s'élève jusqu'à une altitude de 3,000 mètres et une espèce voisine, mais très distincte, *H. anadenum*, dont MM. Burnat et Gremli ne font qu'une variété du *subnivale* et qui vient en Maurienne, en Piémont et dans les Alpes maritimes.

SECT. 2. ALPINA FRIES.

Cette section n'est représentée dans nos Alpes que par deux espèces: *H. alpinum* L., qui est une de celles don aire de dispersion est des plus étendues, puisqu'elle est signalée jusque dans l'Amérique du Nord et *H. Bocconei* Grisb. (*H. hispidum* Fries), qui vient en Savoie, dans le canton de Beaufort, aux environs d'Hauteluce.

SECT. 3. HETERODONTA ARV.-T.

Outre l'*humile* Jacq. (*H. Jacquini* Vill.), cette section comprend comme très remarquables: *H. squalidum* Arv.-T. (*humile* murorum*), qui vient sur nos Alpes

calcaires; *H. hispidulum* Arv.-T., qui vient en Oisans, sur nos Alpes granitiques; *H. lacerum* Reut., qui vient au Grand-Veymont; *H. heterodon* Arv.-T., qui vient au Moucherotte et dont l'*H. Borneti* Burnat et Gremli des Alpes maritimes me paraît réellement distinct spécifiquement; etc.

SECT. 4. PSEUDOCERINTHOIDEA KOCH, P. P.

Cette section ne renferme pour ainsi dire qu'une seule espèce de premier ordre *H. amplexicaule* L., mais un certain nombre d'espèces secondaires ou sous-espèces, parmi lesquelles on peut citer pour nos Alpes : *H. urticaceum* Arv.-T., *Valbonnense* Arv.-T., *petræum* Hoppe, *Berardianum* Arv.-T., *pseudocerinthe* Koch, *pulmonarioïdes* Vill., *spelæum* et *calcareum* Arv.-T., etc.

SECT. 5. CERINTHOIDEA KOCH. P. P.

On peut partager cette section en 3 groupes, dont un seul, le groupe *Cerinthea*, est représenté dans nos Alpes. Il comprend les *H. saxatile* Vill., *eriocerinthe* Fries, *vogesiacum* Moug., var. *gyroflexum*, *intertextum* Arv.-T. et *longifolium* Schl., ce dernier assez commun en Savoie, dans la haute Maurienne.

SECT. 6. ANDRYALOIDEA KOCH. P. P.

Cette section, une des mieux représentées dans nos Alpes, se partage naturellement en 3 groupes.

1er groupe : Thapsoïdea.

Les principales espèces de ce groupe sont : *H. menthæfolium* Arv.-T., *H. thapsifolium* Arv.-T., *H. thapsoïdes* Arv.-T., *H. melandryfolium* Arv.-T., *H. floccosum* et *coronariæfolium* Arv.-T.

2e groupe : Lanata.

Il faut citer, dans ce groupe, le plus vaste de la section, les *H. pteropogon* Arv.-T., *œnochroum* Jord., *lanatum* Vill., *Jordani* Arv.-T. (*H. Laggeri* Jord. non Fries), *Ravaudii*, *pseudolanatum* et *lansicum* Arv.-T., *Liottardi* et *andryaloïdes* Vill., *Reboudianum* Arv.-T., *Kochianum* Jord., etc.

3e groupe : Lanatella.

Outre l'*H. pellitum* Fries, qui vient dans les Alpes maritimes, ce groupe comprend : *H. lanatellum*, *lychnioïdes* et *gnaphalodes* Arv.-T., *H. rupestre* All., *H. pictum* Schl., *H. farinulentum* Jord., *H. Seusanum* et *oligocephalum* Arv.-T., *H. leiopogon* Grenier.

SECT. 7. PULMONAROIDEA KOCH.

Cette section est comme le centre du sous-genre *Archieracium* et peut se partager en 4 groupes, dont 3 ont des représentants dans nos Alpes.

2e groupe : Oreadea.

Je dois signaler, dans ce groupe, comme particulièrement remarquables pour nos Alpes : *H. rupicolum* Fries, *H. brunellæforme*, *ceratodon* et *ceratophyllum* Arv.-T., *H. pallidum* Fries, *Schmidtii* Tausch., *scorpioïdeum*, *cærulaceum* et *viride* Arv.-T., etc.

3e groupe : Aurellina.

Quelques espèces et formes rares et belles appartenant à ce groupe habitent nos Alpes; ce sont, entre autres: *H. hypochœrideum, cephalotes, cirrhitum, elisum* et *cœsioïdes* Arv.-T., etc.

4e groupe: Pulmonarea.

Ce groupe renferme des espèces à tige scapiforme et des espèces à tige feuillée; parmi les premières, il faut citer pour nos Alpes: *H. bifidum* Kit., *H. subincisum* Arv.-T., *H. taraxacifolium* Arv.-T., *H. prœcox* Schultz. Bip. et sa variété *fragile, H. cinerascens* Gren., etc.; parmi les seconds: *H. cœsium* Fries, *lœvicaule* Jord., *rapunculoïdes* Arv.-T., *vulgatum* et *fastigiatum* Fries, etc.

SECT. 8. PRENANTHOIDEA KOCH.

Cette section, très bien représentée dans nos Alpes, se partage naturellement en 3 groupes.

1er groupe: Alpestria.

Dans ce groupe, il faut citer, entre autres, pour nos Alpes: *H. hemiplecum* et *subalpinum* Arv.-T.; *H. epimedium* et *macilentum* Fries; *H. jaceoïdes* Arv.-T., qui vient également en Bohême, sur le Riesengebirge, où deux de ses formes ont été décrites postérieurement sous les noms de *H. erytropodum* Uechtr. et *Freynianum* Velen.; *H. segureum* Arv.-T., nouvelle espèce très remarquable, trouvé au vallon de Ségure, dans le massif du Viso; *H. jurassicum* Grisb. (*juranum* Fries) avec de nombreuses formes, dont une des plus remarquables est la variété *cichoriaceum* (*H. cichoriaceum* Arv.-T.); *H. subperfoliatum* Arv.-T., etc.

2e groupe : Prenanthea.

A ce groupe appartiennent les *H. constrictum* Arv.-T., *prenanthoïdes* Vill., *lanceolatum* Vill. et *melanotrichum* Reut., qui n'en paraît qu'une variété ou sous-espèce; *H. neoprenanthes* Arv.-T. et en outre les *H. lycopifolium* Frœl. *bifrons* Arv.-T., *valesiacum* Fries, qui ne font vraisemblablement qu'une seule et même espèce.

3e groupe : Cotoneifolia.

On doit signaler dans ce groupe : *H. cottianum* et *parcepilosum* Arv.-T., *H. valdepilosum* Vill., *H. gombense* Lagger, du col de l'Arc, *H. doronicifolium, mespilifolium* et *isatidifolium* Arv.-T., etc.

SECT. 9. PICROIDEA ARV.-T.

Cette section, très bien représentée dans nos Alpes, comme la précédente, se partage également en 3 groupes:

1er groupe : Lactucœfolia.

A ce groupe appartiennent des espèces remarquables, confondues par presque tous les botanistes; telles sont: *H. lactucœfolium* Arv.-T., *H. conringiœfolium* Arv.-T., *amplifolium* Arv.-T., *viscosum* Arv.-T., etc.

2e groupe : Ochroleuca.

Les espèces de ce groupe connues jusqu'ici sont : *H. neopicris* Arv.-T., particulier aux Pyrénées ; *ochroleucum* Schl. ; *picroïdes* Vill., qui a reçu, depuis, une multitude de noms et qui vient en France : en Savoie, dans les Basses-Alpes et dans les Alpes maritimes.

3e groupe : Albida.

Ce groupe, à ligules glabres et à fleurs d'un jaune blanchâtre, ne contient jusqu'ici qu'une seule espèce, mais de premier ordre et qui peut compter parmi les plus belles et les plus remarquables du genre : *H. intybaceum* Jacq. (*H. Albidum* Vill.), qui ne vient que sur nos grandes Alpes granitiques.

SECT. 10. AUSTRALIA ARV.-T.

Cette section, propre à la partie méridionale et surtout orientale-méridionale de l'Europe, se partage en 7 groupes naturels dont un seul est représenté dans nos Alpes :

Groupe Symphytacea.

A ce groupe, appartient l'*H. Favrati* Muret, qui vient en Suisse et les *H. symphytaceum* et *heterospermum* Arv.-T., qui ne sont pas rares en Dauphiné et en Savoie et se retrouvent en Piémont, dans les Alpes vaudoises, etc.

SECT. 11. ACCIPITRINA KOCH.

Cette dernière section peut se partager en 6 groupes, dont 5 sont représentés dans nos Alpes :

1er groupe : Corymbosa.

Une seule espèce connue jusqu'à ce jour pour le Dauphiné et qui se retrouve en Auvergne, dans le Forez, dans les Pyrénées et dans le Tyrol : *H. conicum* Arv.-T.

2e groupe : Foliosa.

Une seule espèce, connue jusqu'à ce jour, pour la Savoie et qui se retrouve en Auvergne : *H. laurinum* Arv.-T.

3e groupe : Tridentata.

Ce groupe, riche en formes, ne contient, pour nos Alpes, qu'une seule espèce de premier ordre : *H. rigidum* Hartm., Koch, et quelques variétés ou sous-espèces, telles que : *H. tridentatum* Fries, *gothicum* Fries, *pseudogothicum* Arv.-T., etc.

4e groupe : Sabauda.

Ce groupe, très riche en formes, ne contient qu'un petit nombre d'espèces ou sous-espèces, parmi lesquelles il faut citer : *H. boreale* Fries, *sabaudum* Fries, *subvirens* Arv.-T., etc.

5e groupe : Umbellata.

Ce groupe, riche en formes, comme les deux précédents, ne contient également qu'un petit nombre d'espèces. Je citerai pour le Dauphiné : *H. latifolium*

Spreng. et sa variété *brevifolium* (*H. brevifolium* Tausch.), qui vient à Grenoble à la Bastille, à Saint-Martin-le-Vinoux, à Proveysieux, etc.; *H. umbellatum* L. et sa variété *monticola* (*H. monticola* Jord.), etc.

CONSPECTUS SYSTEMATICUS EUROPÆUS GENERIS HIERACIORUM.

SUBGENUS PILOSELLA FRIES.

Pilosellina Fries
Rosellina (Rosella Fries)
Auriculina Fries
Cymellina (Cymella Fries)
Præaltina Arv.-T.

SUBGENUS ARCHIERACIUM FRIES.

Sect. 1. Aurella Koch.

Glauca Fries
Eriophylla Arv.-T.
Villosa Fries
Pilifera Arv.-T.

Sect. 2. Alpina Fries.

Eualpina Arv.-T.
Hispida Arv.-T.

Sect. 3. Heterodonta Arv.-T.

Sect. 4. Pseudocerinthoïdea Koch, p. p.

Rupigena Arv.-T.
Balsamea Arv.-T.
Hispanica Arv.-T.

Sect. 5. Cerinthoïdea Koch, p. p.

Cerinthea Arv.-T.
Alata Timb.-Lag.
Pyrenaïca Scheele, p. p.

Sect. 6. Andryaloïdea Koch.

Thapsoïdea Arv-.T.
Lanata Arv.-T.
Lanatella Arv.-T.

Sect. 7. Pulmonaroïdea Koch, p.p.

Oreadea Fries
Cerinthellina Arv.-T.
Aurellina Arv.-T.
Pulmonarea { scapigera Fries / cauligera Fries }

Sect. 8. Prenanthoïdea Koch, p. p.

Alpestria Fries
Prenanthea Arv.-T.
Cotoneifolia Arv.-T.

Sect. 9. Picroïdea Arv.-T.

Lactucæfolia Arv.-T.
Ochroleuca Arv.-T.
Albida Arv.-T.

Sect. 10. Australia Arv.-T.

Olympica Arv.-T.
Italica Fries, p. p.
Cernua Uechtr.
Orientalia Arv.-T.
Bracteolata Arv.-T.
Symphytacea Arv.-T.
Polyadena Arv.-T.

Sect. 11. Accipitrina Koch.

Corymbosa Arv.-T.
Foliosa Fries, p. p.
Tridentata Fries
Sabauda Fries
Umbellata Fries
Eriophora Arv.-T.

M. DE FERRY DE LA BELLONE

A Apt (Vaucluse).

DU MYCÉLIUM DES CHAMPIGNONS HYPOGÉS EN GÉNÉRAL ET DE CELUI DES TUBÉRACÉES EN PARTICULIER

— *Séance du 14 août 1885* —

Je me suis proposé de résumer, dans ce travail, les recherches que j'ai entreprises, depuis de longues années déjà, sur les Champignons hypogés, et de traiter, tout spécialement, la question de leur *mycélium*. Pl. XI.

Cette question difficile, mes recherches sont bien loin de l'avoir épuisée. On verra que je me suis borné, le plus souvent, à une constatation pure et simple de l'existence de ce mycélium, sans pouvoir donner sur sa formation, sur son développement et sa propagation, sur son évolution, en un mot, des renseignements positifs et sans lesquels leur histoire ne peut pas être écrite.

C'est surtout pour les *Tubéracées* que la connaissance de l'évolution de *mycélium* aurait une grande importance.

Quelques espèces de ces Champignons sont très recherchées ; leur culture indirecte, par la plantation des chênes, a pris, dans certains pays, une extension justifiée par l'importance et le haut prix du produit. Cette culture gagnerait beaucoup à une étude qui lui apporterait, avec des faits précis et des observations bien faites, les conditions scientifiques du développement des truffes.

Les Champignons hypogés appartiennent, pour une part, à la grande classe des *Basidiomycètes*, et à celle des *Ascomycètes* pour l'autre part ; mais avec ce caractère commun que, *basides* ou *thèques*, avec les spores qu'elles portent, sont toutes contenues dans l'intérieur du réceptacle qui constitue le champignon.

Tous les Champignons hypogés appartiennent donc à la division plus générale des Gastéromycètes.

Toutefois, pour laisser à la présence des thèques ou des basides le grand caractère de classement qui leur convient, M. Van Tieghem appelle Basidiosporés gastéromycètes et Ascomycètes périsporiacés les Champignons, complètement clos, qui renferment, dans leur intérieur, les organes de leur reproduction.

Je m'occuperai tout d'abord du mycélium des *Basidiosporés*.

Les *Rhizopogon* et les *Sclérodermées* sont, à ce point de vue, d'une observation facile.

Le *Rhizopogon luteolus*, qui vient presque affleurer la surface du sol, au milieu des détritus et des feuilles, souvent dans les bois de pins, présente, sur divers points de sa surface, de petites cordelettes noirâtres ou jaunâtres. Ce sont des agglomérations de filaments mycéliaux constituant des rhizomorphes, d'abord ; puis, tout près du champignon, un épanouissement des brins qui, en se feutrant et se croisant de mille manières, constituent le péridium ou écorce du tubercule.

Ce péridium foncé, comme si la matière colorante du mycélium s'y était condensée pendant le feutrage, donne naissance à un tissu plus clair, à filaments plus fins, duquel naissent ensuite les cloisons et les appareils sporifères.

Le mycélium des Sclérodermées se présente sous la forme d'une houppe noire, enveloppant tout le champignon, mais apparente surtout au niveau de sa fossette basilaire.

Il est constitué par des filaments noirs, flexueux, enchevêtrés et plus ou moins ramifiés.

Il ne présente pas de rhizomorphes comme le mycélium du Rhizopogon, et tous les filaments, venus isolément de divers points, arrivent à la surface du tubercule.

Là ils commencent à s'enchevêtrer en donnant naissance à un tissu à mailles très fines, à couleur noire très foncée sur certains points séparés par des traînées plus claires. Ce stroma, espèce de réseau secondaire du mycélium, enveloppe entièrement le tubercule.

Immédiatement au-dessous de lui est une zone très dure, cornée, blanche et épaisse ; puis vient une nouvelle zone foncée de laquelle proviennent le tissu des cloisons et les filaments sporifères.

Je n'insisterai pas davantage sur cette description, car je n'en veux retenir qu'un point : c'est que le mycélium des *Sclérodermées*, comme celui des *Rhizopogon*, est de couleur brune, et que sa couleur semble se concentrer au point de feutrage, pour former la couche la plus externe du *peridium*.

Si des Hypogés Basidiospores nous passons aux Périsporiacées, qui comprennent les *Tubéracées* proprement dites, nous trouvons, parmi les genres dont le mycélium est permanent et en première ligne, les *Genea*.

Leur mycélium forme, au niveau de la fossette basilaire, une belle houppe constituée par des filaments jaunâtres, notablement plus gros que les précédents, et dont l'aspect, sur le champignon débarrassé de sa gangue, est celui d'un tampon de bourre roussâtre.

Examinés au microscope, ces filaments sont *rugueux*, et non point *lisses*, comme ceux des mycéliums précédents.

Toutefois, la membrane externe qui porte les rugosités est détruite par la potasse ou l'acide chlorhydrique à chaud. Il reste alors des filaments axiles plus grêles, à bords nets, colorés en brun clair et cloisonnés par places.

La longueur de ces filaments est très grande. J'en ai extrait qui mesuraient plus de 4 centimètres.

Si l'on extrait le *Genea*, en conservant en motte la terre dans laquelle il croît, et si on le lave sous un mince filet d'eau, on obtient le champignon avec tout son mycélium.

On peut alors l'étudier très bien en suspendant le tubercule dans un verre plein d'eau légèrement acidulée d'acide chlorhydrique.

Les bulles d'acide carbonique, en se dégageant, aident à la désagrégation de la terre dont les parties lourdes et insolubles gagnent le fond.

Le mycélium apparaît alors comme un enchevêtrement de fils extrêmement ténus, flottant dans l'eau, aboutissant d'une part à la base du tubercule, et s'étendant, d'autre part, sur des chevelus radicellaires, avec lesquels ils sont emmêlés.

C'est au pied des chênes que j'ai rencontré les *Genea*. Ils y viennent à une profondeur de 5 à 15 centimètres du sol. Nul doute qu'ils ne soient des parasites des racines de ces arbres.

Les *Élaphomyces* viennent ensuite avec un mycélium verdâtre dans l'*E. Leveillii*. Toutes ces variétés sont parasites, sur les racines du châtaignier pour l'*E. Leveillii*, sur les racines du pin pour l'*E. granulatus*. Elles ne viennent guère qu'à une profondeur de 1 ou 2 centimètres de la surface du sol, au fond d'une petite dépression de terrain jonchée de feuilles.

Tout en étant des Tubéracées, les *Genea* et les *Élaphomyces* ne constituent encore que de fausses truffes. Avec le *Tuber panniferum* nous arrivons aux truffes vraies.

Le mycélium du *Panniferum* est le type du mycélium permanent. Il enveloppe entièrement le tubercule, dont la surface externe — alors même qu'elle est frottée — reste veloutée et duveteuse, semblable à de l'amadou.

Si l'on extrait un *Panniferum*, avec la motte de terre qui le renferme, et si on le soumet ainsi à un lavage sous un filet d'eau, la désagrégation de la terre laisse par places de longs flocons de filaments mycéliaux. On les voit très bien en laissant flotter le tubercule dans l'eau.

Les filaments de ce mycélium sont bruns, moins flexueux que ceux des *Sclérodermées*, et plus étroits que ceux des *Genea*. Ils sont lisses et ne se réunissent pas en rhizomorphes.

Arrivés au niveau du tubercule, ils se marient avec les filaments voisins. De cette anastomose résultent de petits mamelons fortement colorés

formant la zone externe du *peridium*. Entre les mamelons, le tissu est plus clair, sa disposition en filaments parallèles et juxtaposés est spéciale, et semble marquer une voie de communication entre l'intérieur du tubercule et l'extérieur.

Au-dessous de ce tissu brun et mamelonné vient une couche de cellules plus claires ; puis, suivant les espèces, une zone de filaments parallèles au *peridium* ; puis enfin le tissu fertile.

Une localité, — les *Gavagnols*, près Saint-Saturnin-lez-Apt, — m'ayant fourni, au pied d'un mur surmonté de chênes, un véritable gisement de *Panniferum*, j'ai pu étudier ce tubercule avec quelque suite.

Malheureusement, ce que je n'ai pu surprendre, c'est la formation initiale.

La recherche des *Panniferum*, comme celle des *Tubéracées*, ne devient, en effet, praticable que tardivement, alors que le développement et l'odeur permettent au chien de les marquer.

Il n'est pourtant pas douteux, pour moi, que le *Panniferum* ne soit un parasite du chêne.

La présence presque constante des filaments radicellaires dans les flocons mycéliaux, semble prouver qu'il vit à leurs dépens. C'est aussi au voisinage des racines qu'il se présente toujours, de 10 à 20 centimètres du sol.

Si, du reste, on examine les fines radicelles avoisinantes, on les trouve le plus souvent couvertes des mêmes filaments qui constituent le mycélium de cette tubéracée.

Le *Tuber panniferum* offre une transition naturelle à l'étude des Tubéracées comestibles dont le *mycelium*, admis scientifiquement, n'a jamais été démontré d'une manière pratique.

M. Tulasne a rencontré des filaments *blancs* dans les truffières du Poitou. M. Chatin a fait la même observation que, mon ami Henri Bonnet et moi, nous avions confirmée dans des recherches communes.

Si l'on veut pourtant considérer que le mycélium du *Panniferum* est brun comme celui de toutes les Hypogées que nous venons de nommer, il est difficile que celui des *Tuber melanosporum*, *brumale* ou *æstivum* soit blanc par une dérogation à cette analogie — qui n'est point une loi sans doute, — mais qui est un fait dont il faut tenir compte.

Le mycélium est *brun*, en effet, et dès lors l'observation de filaments blancs — excessivement rares d'ailleurs dans les truffières — se rapporte certainement à la présence d'autres productions cryptogamiques, agaricinées fort petites venant dans les feuilles, ou moisissures diverses.

Il existe, du reste, une autre raison que la couleur, de ne point apercevoir les filaments mycéliaux dans les truffières, c'est leur extrême petitesse : *un* à *deux* centièmes de millimètre.

C'est pourquoi, lorsqu'on fouille un *Genea* ou un *Panniferum*, il est impossible — quelque soin qu'on y prenne — de constater sur place l'existence pourtant certaine de leur mycélium. Il faut, pour le rendre évident, extraire les tubercules avec la motte de terre adjacente, et les laver doucement sous un filet d'eau.

En janvier 1881, je fus fort surpris d'entendre deux vieux truffiers expérimentés des environs d'Apt me dire : « *Il n'y aura plus de truffes cette année, il n'y a pas de germes.* »

Quel était donc ce *germe*, dont j'entendais parler pour la première fois depuis quinze ans de recherches ?

Le lendemain j'étais à *Croagnes*, dans les truffières de M. Caire ; il avait marqué 4 ou 5 places à mon intention. Nous allâmes les fouiller, je fus déçu : le *germe* n'était autre chose qu'un gros et vigoureux *rejet* d'une racine, au milieu de radicelles noires et usées.

Ces *germes* furent pourtant fouillés avec soin, puis extraits.

Un séjour de quelques heures dans de l'eau légèrement aiguisée d'acide chlorhydrique, les nettoya de la terre qui remplissait le chevelu. Ce chevelu, noir et usé, examiné au microscope, était couvert d'un mycélium *brun*.

Les filaments de ce mycélium, peu flexueux, cloisonnés, offrent par places des renflements particuliers — espèces d'articulations ou de genoux — en forme de boucles. La surface externe de ces filaments est plus ou moins lisse ou rugueuse, mais, dans ce dernier cas, les aspérités sont plus petites que celles du mycélium des *Genea*.

Parmi ces filaments, on en rencontre quelques-uns qui paraissent être d'une nature différente — soit qu'ils appartiennent à une autre espèce de mycélium, soit qu'ils représentent une autre période d'évolution du mycélium bouclé.

Depuis cette première observation, j'ai fouillé, à divers moments de l'année, un très grand nombre de truffières et, les truffes extraites en motte, ayant été lavées avec soin sous un léger filet d'eau, j'ai cherché si l'on trouvait à leur pourtour un mycélium semblable à celui des racines.

Ces diverses formes de mycéliums, et surtout le mycélium bouclé, sont rarement adhérentes aux truffes, mais la terre qui les enveloppe, en offre de nombreux filaments séparables par lévigation.

J'ai pu cependant recueillir et conserver des tubercules présentant sur quelques points des flocons de filaments mycéliaux, mais cela est exceptionnel.

Les truffes comestibles semblent, en effet s'affranchir de bonne heure de leur mycélium. Indépendantes en apparence, tributaires en réalité des fragments de mycélium qui constituent leur péridium, elles continuent à vivre et à croître.

Dans ces conditions la truffe serait comme un bourgeon caduc se séparant à un moment donné de son mycélium, tandis que celui-ci continuerait à vivre, de son côté, se propageant le long des racines qu'il déforme, qu'il use, et qui se défendent à leur manière en poussant des rejets vigoureux que le mycélium gagnera plus tard.

Lorsque ces rejets vigoureux, pris pour des *germes de truffes* par Caire et Jacques Agnel, eurent été de ma part l'objet d'examens longtemps répétés; lorsque j'eus acquis la conviction qu'ils étaient le résultat d'un effort pour vivre, fait par les racines étreintes par des filaments abondants, je priai M. Grimblot, conservateur des forêts à Chaumont, de vouloir bien vérifier les observations que j'avais faites.

J'avais connu M. Grimblot à l'occasion de ses laborieuses recherches sur les truffières du Ventoux. Ses très nombreuses observations lui avaient fait admettre que « l'arbre est la condition de la truffe », et sa conviction était à ce point de vue si entière, il les séparait si peu l'une de l'autre, qu'alors la truffe n'était pour lui qu'une *excrétion des racines*.

Dans les truffières en forêt de la conservation de Chaumont, où croît surtout le *Tuber uncinatum* de M. Chatin, M. Grimblot retrouva en abondance le mycélium que je lui avais signalé, et il m'en fit de nombreux envois.

Il fit mieux encore, il découvrit que les racines des plantes qui se trouvent sur les truffières en préparation, étaient envahies par les mêmes filaments mycéliaux, et il expliqua fort heureusement, par la disparition progressive de ces plantes sous l'invasion, la dénudation des places truffières, et le retour progressif des herbes quand la truffière s'épuise.

Je viens de dire tout à l'heure que j'avais trouvé quelquefois le mycélium adhérent à la truffe. C'est dans une des conditions particulières où la truffe est traversée par une racine, que cette observation peut surtout se faire.

L'inclusion d'une racine peut se rencontrer dans deux cas :

1° Une truffe en formation rencontre une radicelle et l'englobe dans son tissu fertile. Dans ce cas, pas de mycélium apparent entre la racine et la *gleba*, dont les filaments sont dilacérés par l'accroissement radiculaire.

2° Le péridium s'est infléchi autour de la racine et l'accompagne. Dans ce cas, existence des filaments entre la racine et le péridium.

De nombreuses coupes opérées sur une *Brumale* m'ont démontré la première condition; des coupes pratiquées sur un *Mesentericum* m'ont démontré la seconde. Dans ce dernier cas, le mycélium est nécessairement court, ses caractères sont un peu modifiés, mais sa couleur est restée *brune*.

Ce n'est point seulement sur la truffe de *Chaumont*, sur la *Mélanospore*, la *Brumale* et la *Mésentérique*, mais encore dans les truffières de la *Mus-*

quée, de l'*Æstivum* et des *Bitumineuses*, que j'ai fait les mêmes observations et retrouvé les mêmes filaments.

En général, chez toutes les Tubéracées à *péridium verruqueux* on trouve le mycélium bouclé avec aspérités presque nulles chez la *Mélanospore* et la *Brumale*, plus marquées chez les *Æstivum* et les *Bitumineuses*.

Ces filaments bouclés, je l'ai dit, se trouvent mélangés, dans les truffières, à d'autres filaments différents, mais infiniment moins nombreux, tous plus ou moins colorés.

Il faudrait de longues recherches pour établir leur nature et écrire leur histoire.

Elles sont à peine entamées par celles que j'ai entreprises et que je viens de dire.

Ainsi qu'on vient de le voir, toutes les Cryptogames hypogées ont un mycélium brun foncé, et ce mycélium se trouve aussi bien au pourtour du tubercule qu'au voisinage des racines.

Si ces observations, que je puis appuyer de préparations et de coupes nombreuses, reproduites en partie par la microphotographie, sont confirmées par des recherches ultérieures, le parasitisme des Tubéracées — démontré déjà pour les *Elaphomyces*, considéré comme probable par M. Van Tieghem pour les *Tuber*, — sera un fait général.

S'il en est ainsi, un grand fait d'observation, qui domine de très haut toute la production truffière, en forêt ou par semis de glands, sera expliqué, *c'est la présence indispensable des arbres*.

Je sais que des observateurs ont prétendu avoir trouvé des truffes en plein champ, loin des arbres, dans des cuves à marc de raisin.... Je n'ai pas besoin de dire que ces faits, explicables peut-être par le voisinage de quelque plante à *racines résistantes*, doivent être contrôlés avec le plus grand soin.

Ceux que j'ai contrôlés, et ils sont nombreux, m'ont démontré qu'on n'avait jamais eu affaire, dans ces conditions, à de véritables truffes, mais le plus souvent à des galles de diverse nature.

Pour mon compte, quelque soin que j'aie mis à en chercher, je n'ai jamais rencontré des truffes éloignées des arbres producteurs. Aussi, suis-je plus que jamais aujourd'hui de cet avis de tous les truffiers, que l'un d'eux me résumait ainsi : « *Pas d'arbres, pas de truffes.* »

M. le Docteur L. QUÉLET

Président de la Société mycologique de Franc, à Hérimoncourt (Doubs).

QUELQUES ESPÈCES CRITIQUES OU NOUVELLES DE LA FLORE MYCOLOGIQUE DE FRANCE (1)

— *Séance du 20 août 1885*

1. TRICHOLOMA MICULATUM. Fr. Stipe plein, fibro-charnu, finement floconneux, pruineux, *blanc*, puis *jonquille*. Chapeau convexe (0m,06-8), compact, rayé, puis *aréolé-grenelé*, *gris*, bistre au milieu, argenté au bord. Chair épaisse, blanc de neige, jonquille sous la cuticule, sapide. Lamelles sinuées, *blanc-crème*, puis *jonquille*. Spore ovoïde pruniforme (0mm,006-7), finement grenelée, blanche.

Automne. — Dans les forêts arénacées des Vosges (Noël-Raoult).

2. CLITOCYBE OBOLUS. Fr. Stipe fistuleux, grêle, *ondulé*, *striolé*, translucide, gris et luisant. Chapeau convexe plan (0m,02), mince, pruineux, strié au bord, gris fuligineux, gris blanc par le sec. Chair aqueuse, concolore, très hygrophane. Lamelles adnées, ténues, grisâtres. Spore ovoïde-sphérique (0mm,007), *aculéolée*, hyaline.

Automne. — Dans les forêts moussues de conifères, Vosges.

3. COLLYBIA PULLA. Schæf. Stipe fibro-charnu, aminci en bas, creux en haut, tortu, fissile, *blanchâtre*, *strié de roux*, furfuracé et blanc au sommet, renflé à la base et naissant d'un mycelium filamenteux et blanc. Chapeau convexe, puis festonné (0m,02-5), mince, glabre, puis fendillé et fibrilleux, *bai*, puis *chamois rougeâtre*. Chair ferme, fragile, blanche, fétide. Lamelles sinuées, libres, serrées, *striées* ou *côtelées* en travers, blanches, puis crème-paille avec l'arête crispée, floconneuse et blanche. Spore ellipsoïde allongée (0mm,01), hyaline.

Été-automne. — En touffes sur les souches, sur le tan. Lyon (Veulliot).

4. COLLYBIA MISERA. Fr. Stipe fluet, finement fistuleux, ferme, farineux, *gris-bistré*. Chapeau convexe plan (0mm,012-15), légèrement *ombiliqué*, mince, glabre, gris cendré, puis argenté. Lamelles adnées en pointe, ondulées, gris clair. Spore ovoïde pruniforme (0mm,007), finement aculéolée.

Automne. — Dans les forêts arénacées, Vosges (Forquignon).

5. MYCENA ATRO-CYANEA. Batsch. Stipe fistuleux, subfiliforme, *striolé*, *bai* ou *roux bistré* sous une pruine bleuâtre ou violacée; base fibrilleuse et blanche. Chapeau campanulé (0m,01), mince, *strié* ou *ridé*, *bai noir* sous une pruine glauque ou blanche. Lamelles adnées, oncinées, élargies en avant, blanches avec la base grise. Spore ovoïde (0mm,008-9), guttulée, hyaline.

Été-automne. — En troupe sur les brindilles des forêts ombragées et montagneuses.

(1) Ce mémoire peut être considéré comme le quatorzième supplément de l'ouvrage : *Les Champignons du Jura et des Vosges*.

6. Omphalia picta. Fr. Stipe filiforme, flexueux, *brun*, luisant, naissant d'un *tapis fibrilleux* et *jaune-fauve*. Chapeau campanulé-tronqué (3-5mm), ombiliqué, mince, *cannelé*, jonquille-olivâtre, rayé de bistre. Lamelles *réunies en tube* autour du stipe, plus *larges* que *longues*, crème-olivâtre. Spore ovoïde oblongue (0mm,006-7), ponctuée, hyaline.

Automne. — Sur les souches, bouleau, Morvan (Dr Gillot). Affine à *campanella*.

7. Omphalia velutina. Q. Stipe subfiliforme, plein, *pubérulent*, gris, bulbilleux à la base; mycelium farineux et blanc. Chapeau convexe (0m,012), ombiliqué, strié, translucide, *gris chamois*. Lamelles arquées, espacées, *blanc de lait* ou légèrement bistrées. Spore ellipsoïde-pruniforme (0mm,008). (*Pl.* XII, *fig.* 1.)

Été. — En troupe dans les bruyères, les charbonnières, etc., Jura, Paraît intermédiaire entre *umbellifera* et *griseo-pallida*.

8. Pleurotus limpidus. Fr. Chapeau horizontal, conchoïde (0m,01-2), obové ou réniforme, *tenace*, pruineux, *blanc de neige* et translucide, atténué verticalement en base stipitiforme (2mm). Chair mince, douce et blanche. Lamelles minces, adnées, blanches, puis crème. Spore *sphérique* (0mm,006), hyaline.

Été. — Sur le bois pourrissant, hêtre, tremble. Côte-d'Or (Forquignon).

9. Pleurotus pinsitus. Fr. Sessile, résupiné, puis réfléchi (0m,05-8), ondulé, lobé, *villeux soyeux*, hygrophane, blanchâtre, *blanchissant* par le sec. Chair ténue, molle et fragile. Lamelles irradiant autour d'un point excentrique, blanchâtres, puis crème ocré. Spore pruniforme oblongue (0mm,01-11), finement aculéolée.

Automne. — Sur les souches, sur *Trametes gibbosa*. Forêts humides des environs de Lyon (J. Péteaux).

10. Pleurotus myxotrichus. Lév. Stipe court (2-4mm), velouté et blanc. Chapeau conchoïde (0m,02), résupiné, puis latéral, mince, pellucide, strié au bord, *velouté* et *blanc*. Chair *gélatineuse* et hyaline en dessus, subcoriace en dessous. Lamelles adnées, blanches. Spore ellipsoïde cylindrique (0mm,01-12), finement pointillée.

Été. — Souches et branches mortes, hêtre. Touraine, Bourgogne (Forquignon). Affine à *algidus*.

11. Volvaria grisea. Q. Stipe court, plein, *tomenteux*, *gris;* volva trilobé, villeux, bistré. Chapeau convexe, festonné (0m,02-3), fibrilleux, soyeux, *gris* luisant. Chair fragile, grisâtre. Lamelles libres, crispées, grisâtres, puis rougeâtres. Spore ellipsoïde pruniforme (0mm,008-9), guttulée, rosée. (*Pl.* XII, *fig.* 2.)

Printemps-été. — Dans les jardins et les serres; affine à *volvacea*, il ressemble à *Entoloma griseo-cyaneum*.

12. Pluteus cinereus. Q. Stipe grêle, fistuleux, *furfuracé-floconneux*, *gris*, naissant d'un mycelium byssoïde blanc. Chapeau convexe, puis déprimé au centre (0mm,02-025), mince, finement floconneux, *ridé-réticulé*, *gris bistré*. Lamelles écartées, blanchâtres, puis incarnates. Spore ellipsoïde ou sphérique (0mm,006-8), rosée. (Ann. des sciences nat. de Bordeaux, 1884, *pl.* I, *fig.* 1.)

Printemps-été. — Sur les ramilles pourrissantes, dans les bois humides. Gironde (Merlet). Très affine à *plautus*.

13. Entoloma scabiosum. Fr. Stipe creux, fibrillo-soyeux, *gris fuligineux*, blanc au sommet et à la base. Chapeau convexe plan (0m,04-5), mamelonné,

hérissé de *papilles pileuses, gris bistré.* Chair mince, fragile, blanche, un peu âcre. Lamelles adnées, émarginées, larges, ventrues, grisâtres, puis purpuracées. Spore anguleuse, oblongue (0^{mm},01-12), incarnate.

Automne. — Dans les forêts montagneuses, Jura, Alpes.

14. ENTOLOMA PHAIOCEPHALUM. Bull. t. 555, f. 1, *porphyrophæum.* Fr. Ic. t. 93, f. 1. Stipe creux, élancé, aminci vers le haut, *fibrilleux, violeté,* grisonnant. Chapeau campanulé (0^{m},05-9), mamelonné, *fibrilleux* et *brun.* Chair mince, fragile, scissile, blanche, un peu âcre. Lamelles émarginées, larges, espacées, blanchâtres, puis incarnates. Spore pruniforme (0^{mm},011-12), anguleuse, ocellée, rosée.

Automne. — Dans les pelouses moussues des montagnes. Vosges (Forquignon).

15. LEPTONIA LINKII. Fr. Stipe farci, courbé à la base, glabre, *glauque-fuligineux* et brillant. Chapeau convexe, puis ombiliqué (0^{m},02-3), mince, *soyeux-fibrilleux, cendré* ou *gris-brun.* Lamelles adnées, puis libres, ventrues, grisâtres avec une *bordure denticulée* et *noire.* Spore ovoïde, anguleuse (0^{mm},01), ocellée et rosée.

Automne. — Sur les souches, dans le Vendômois (E. Peltereau).

16. LEPTONIA GILLOTII (1). Q. Stipe fluet, fistuleux, satiné, diaphane, *blanchâtre,* villeux à la base. Chapeau convexe-ombiliqué (0^{m},01-1,5), mince, pruineux, hygrophane, *strié, blanchâtre,* avec l'*ombilic* et les *stries olivâtres.* Lamelles oncinées adnées, érodées, blanches, puis incarnates. Spore ovoïde anguleuse (0^{mm},009), rosée. (*Pl.* XII *fig.* 3.)

Automne. — Dans les tourbières, sur les sphaignes. Morvan (Forquignon et Quélet). Affine à *rhodocylix.*

17. NOLANEA BABINGTONI. Blox. Stipe fistuleux, tenace, strié, tordu, *gris* sous un voile *aranéeux* et *rouge.* Chapeau campanulé (0^{m},01), mince, *gris de souris,* pointillé de *flocons bruns,* plus foncés au sommet. Lamelles adnées, grises, puis rougeâtres avec le bord plus pâle. Spore anguleuse ellipsoïde (0^{mm},01), rose grisâtre. (Ann. sc. nat. de Bordeaux, 1884, *pl.* I, *fig.* 3.)

Été. — Sur la terre des bois ombragés. Environs de Paris (Patouillard); environs de Bordeaux (Merlet). Affine à *araneosa.*

18. NOLANEA CRUENTATA. Q. Stipe grêle, fistuleux, glabre, glauque ou azurin, laineux et *blanc* à la base, *rougissant* au toucher. Chapeau campanulé (0^{m},012), mamelonné, évasé au bord, mince, pruineux, *lilacin-bleuâtre.* Lamelles larges, arquées, glauques, puis rougeâtres. Spore ovoïde-polygone (0^{mm},01), incarnate. (*Pl.* XII, *fig.* 4.)

Automne. — Dans les pelouses des collines du Jura. C'est une variété de *cœlestinus.*

19. PHOLIOTA MUSCIGENA. Q. *Jaune de miel,* puis *crème-ocracé.* Stipe grêle, fistuleux, flexueux, fibrilleux, striolé, pruineux au sommet, cotonneux à la base. Anneau membraneux, ténu, étroit, *crème,* puis *ocre-safrané.* Chapeau campanulé (0^{m},012), mamelonné, mince, hygrophane, strié au bord. Lamelles adnées, subdécurrentes, *triangulaires,* ténues, crème-paille, puis ocracées. Spore en amande (0^{mm},008-9), ocellée, jonquille. (*Pl.* XII, *fig.* 5.)

(1) Dédié amicalement au Dr GILLOT, d'Autun, secrétaire de la Société Éduenne, botaniste très distingué, en souvenir des agréables excursions de la Société mycologique, dans le Morvan, en septembre 1883.

Printemps. — Sur les mousses des marais tourbeux. Littoral de Bordeaux (Merlet). Affine à *unicolor* et à *mycenoïdes.*

20. INOCYBE VIOLASCENS. Q. Stipe *creux*, soyeux et *blanc*, *strié* et *lilacin* au sommet, avec une cortine annulaire, soyeuse et blanche. Chapeau campanulé conique (0mm,025), mince, fissile, fibrilleux satiné, *chamois*, *pelucheux* et *lilacin* au sommet. Chair soyeuse, blanche, d'un beau violet-lilas au haut du stipe, vireuse et âcre. Lamelles adnées, étroites, *lilacines*, puis bistres. Spore pruniforme (0mm,012-15) fauve. (*Pl.* XII, *fig.* 6.)

Printemps. — Cespiteux dans les clairières gramineuses. Saintonge (P. Brunaud). Affine à *corydalina*, il ressemble à *geophila* var. *violacea.*

21. FLAMMULA PICREA. P. Stipe grêle, fistuleux, épaissi en bas, *fauve* ou *brun* sous une *pruine blanche.* Chapeau campanulé, puis convexe (0m,03), glabre, *roux* ou *bai*, puis safrané. Chair tenace, jaune, puis orangée, *très amère.* Lamelles adnées, étroites, jaunes, puis fauve safrané. Spore pruniforme (0mm,01), guttulée et fauve.

Automne. — Sur les souches de pin. Gironde (Merlet).

22. CREPIDOTUS APPLANATUS. P. Chapeau conchoïde (0m,02-8), sessile ou atténué en stipe très court, fragile, translucide, à la fin striolé, finement villeux, *blanc*, puis ocracé pâle, velouté et blanc à la base. Chair tendre, douce, hygrophane, blanchâtre. Lamelles sinuées, blanches, puis brunâtres. Spore pruniforme (0mm,008-9), subcitriforme, brunâtre.

Automne. — En troupe sur les ramilles des ornières des bois humides. Alpes maritimes (Barla), Côte-d'Or (Forquignon et Quélet). Très affine à *calolepis.*

23. CORTINARIUS EMUNCTUS. Fr. Glutineux, *lilacin azuré*, puis *gris-ocracé.* Stipe farci, puis creux, aminci en haut, *satiné*, *blanc* au sommet; cortine blanche. Chapeau convexe (0m,03), mince. Chair tendre, douce, blanche, puis jaunâtre. Lamelles adnées, ténues, érodées, blanc violeté, puis cannelle. Spore ovoïde (0mm,007-8), grenelée, ocellée, fauve rosé.

Automne. — Dans les forêts de conifères montagneuses. Vosges (Forquignon).

24. CORTINARIUS DAMASCENUS. Schæf. var. *variegatus.* Brés. t. 42, 43? Stipe rapiforme, *dur*, blanc crème, améthyste-lilacin à la base; cortine soyeuse, blanc argenté. Chapeau convexe (0m,05-8), compact, satiné, fauve purpurin, rayé, légèrement visqueux, puis argenté au bord. Chair ferme, *blanche* (incarnate ou rosée au milieu), sapide, amarescente. Lamelles sinuées, érodées, serrées, crème, puis nankin. Spore pruniforme (0mm,008), fauve.

Automne. — Dans les forêts arénacées sous les conifères. Vosges.

25. CORTINARIUS OLIVASCENS. P. Stipe fibro-charnu, mou, atténué en haut, subbulbeux, fibrilleux, strié, *satiné*, blanc-lilacin, puis argenté au sommet, *blanc* ou *citrin* en bas. Chapeau convexe plan (0m,03-5), mince, tendre, visqueux, *bistre olivâtre*, puis brun, enroulé, flexueux et olivâtre au bord. Chair humide, violacée, puis rousse, âcre ou acidule, inodore. Lamelles émarginées, crème olive, puis cannelle. Spore pruniforme (0mm,01-011, finement grenelée, olivâtre.

Automne. — Dans les forêts humides de conifères. Vosges, dans les sphaignes (Forquignon).

26. CORTINARIUS MALICORIUS. Fr. Stipe grêle, cylindrique, farci, puis fistuleux, fibrilleux, *citrin olive*, rayé de fibrilles fauves ou brunes. Chapeau convexe

(0^m,02-3), mamelonné, mince, lisse, *châtain*. Chair *vireuse*, citrine ou olivâtre. Lamelles adnées, jonquille safrané. Spore pruniforme (0^{mm},008-01), aculéolée, fauve.

Automne. — Dans les forêts de conifères. Gironde (Merlet).

27. Cortinarius periscelis. Fr. Stipe fistuleux, *violeté*, orné de *zones circulaires floconneuses* et *blanches*. Chapeau campanulé (0^m,02-3), mamelonné, mince, violacé, fauve au sommet, couvert de fibrilles soyeuses et blanches. Lamelles adnées, serrées, étroites, *violacées*, puis fauve rouillé. Spore pruniforme (0^{mm},01), guttulée, fauve.

Automne. — Dans les forêts marécageuses. Montmorency (Boudier).

28. Cortinarius saniosus. Fr. Stipe grêle, flexueux, fibro-charnu, fibrilleux, soyeux, jonquille, puis fauve. Chapeau campanulé (0^m,015-025), mamelonné, mince, flexueux, jaune fauve, recouvert d'une *cortine fibrilleuse jaune*. Chair mince, peu hygrophane, *jonquille*, *souci* à la base du stipe, vireuse. Lamelles adnées, ventrues, jaunâtres, puis cannelle. Spore pruniforme (0^{mm},008-9), guttulée, jaune fauve.

Automne. — Cespiteux, dans les bois gramineux, sous les peupliers. Gironde (Merlet).

29. Cortinarius punctatus. P. Stipe farci d'une moelle charnue, grêle, tenace, ondulé, fibrilleux, *souci-fauve*, soyeux au sommet, avec des *bourrelets floconneux* d'un *fauve brun*, cotonneux et blanc à la base. Cortine fauve. Chapeau campanulé convexe (0^m,01-2), mince, glabre, brun grisonnant, chamois par le sec. Chair humide, tenace, fauve, vireuse. Lamelles adnées, sinuées, espacées, ventrues, cannelle ou rouillées. Spore pruniforme (0^{mm},008-011), fauve.

Automne. — Dans les forêts arénacées. Vosges.

30. Coprinus gonophyllus. Q. Ann. sc. nat. Bordeaux, 1884, *pl*. I, *f*. 2. Stipe fistuleux, grêle, glabre, striolé, blanc. Chapeau hémisphérique (0^m,01-015), membraneux, *strié*, *gris noirâtre*, luisant. Voile caduc floconneux (submembraneux), blanc, taché de fauve au sommet. Lamelles libres, serrées, *triangulaires*, grisâtres, puis noires. Spore citriforme (0^{mm},008), noir pourpré.

Été-automne. — Dans les charbonnières. Environs de Paris (Patouillard). Affine à *cineratus*.

31. Coprinus tigrinellus. Boud. litt. Stipe grêle, bulbilleux, blanc. Chapeau ellipsoïde (0^m,01), mince, plissé-strié, *blanc*, puis gris, *pointillé* de *flocons noirs*. Lamelles étroites, blanc rosé, puis brun bistre. Spore ovoïde (0^{mm},01), bai noir.

Printemps-été. — Sur les gaines de Carex, d'Iris-des-Marais, etc. Environs de Paris (Boudier). Très affine à *Friesii*, dont il me paraît être une variété.

32. Lactarius decipiens. Q. Stipe grêle, pruineux, incarnat-roux, ridé et crème au sommet. Chapeau convexe déprimé (0^m,03-5), *humide*, puis *finement tomenteux*, *incarnat briqueté*, plus foncé au milieu. Chair blanchâtre, puis crème, fragile; *lait blanc*, *très poivré*. Lamelles adnées en pointe, serrées, étroites, crème, puis incarnates. Spore ellipsoïde (0^{mm},008-9), aculéolée, paille. (*Pl*. XII, *fig*. 9.)

Automne. — Dans les bois gramineux de conifères. Intermédiaire entre *rufus* et *tabidus*.

33. Russula smaragdina. Q. Stipe grêle, fragile, pruineux et blanc. Chapeau

convexe (0m,02-3), puis déprimé, mince, visqueux, *verdoyant*, zoné, avec le *bord blanc*. Chair tendre, douce et blanche. Lamelles sinuées, étroites, serrées, *blanches*, puis crème. Spore sphérique (0mm,009), grenelée et blanche. (*Pl.* XII, *fig.* 10.)

Automne. — Dans les forêts granitiques du Morvan.

34. Russula lateritia. Q. Stipe grêle, ridé, pruineux et blanc. Chapeau (0m,03-5), mince, cannelé au bord, finement pulvérulent, purpurin orangé. Chair tendre, blanc crème, *rosée* sous la cuticule, douce et sapide. Lamelles adnées, ténues, fragiles, ocracées, dorées. Spore ellipsoïde-sphérique (0mm,008-10), finement aculéolée, crème-citrin. (*Pl.* XII. *fig.* 11.)

Été. — Dans les bois de chênes et de sapins. Jura, Bourgogne. Affine à *nitida*.

35. Russula depallens, var. *vinosa*. Q. Chapeau d'un rose vineux souvent teinté de bai clair.

Été. — Dans les forêts ombragées de la plaine.

36. Russula Raoultii. Q (1). Stipe assez grêle, ridé rayé, tendre, blanchâtre. Chapeau convexe plan (0m,04-5), humide, *blanc* avec le centre *citrin* ou *paille*. Chair blanche, inodore, tardivement âcre. Lamelles atténuées adnées, ténues, assez serrées, *blanches*. Spore ellipsoïde-sphérique (0mm,009), blanche. (*Pl.* XII, *fig.* 12.)

Automne. — Forêts de sapins arénacées. Vosges (Dr Raoult). Affine à *ochroleuca*.

37. Lentinus dentatus. P. Stipe grêle, plein, coriace, *cannelé*, pruineux, fauvâtre. Chapeau convexe, fortement *ombiliqué* (0m,025), submembraneux, coriace. strié au bord, glabre, *incarnat fauve* ou *fuligineux*, puis incarnat paille. Lamelles sinuées ou adnées décurrentes, dentelées ou crénelées, *blanches*, puis incarnates. Spore ovoïde-sphérique (0mm,005), finement aculéolée et hyaline.

Automne. — Parmi les brindilles et les aiguilles des sapinières. Vosges (Forquignon). Gironde, à Arcachon (Merlet). Très affine à *bisus*, qui n'en est probablement qu'une variété.

38. Marasmius oleæ. Q. *Androsaceus*, var. *hygrometricus*. Brig. fung. Neap. t. 12, f. 4-7. Stipe capillaire, flexueux, *bistre* et luisant, farineux et blanc crème au sommet, recouvert d'un voile furfuracé *blanc, très caduc*. Chapeau convexe (3-5mm), mince, *pulvérulent*, puis *pointillé*, cannelé-godronné, *fauve*, avec l'ombilic chiffonné et *brun*. Lamelles adnées, *blanc crème*. Spore pruniforme, allongée (0mm,008-9), aculéolée. (Pl. XII, f. 14.)

Automne. — Sur les feuilles mortes de l'*olivier*, Provence (Réguis) et du *myrte*. Esterel (Forquignon). Ressemble à *graminum*.

39. Boletus lividus. Bull. var. *rubescens*. Trog. Stipe grêle, paille, *réticulé* et *pointillé* de *rose incarnat*, plus foncé dans le bas. Chapeau jaune paille, couvert d'un *velours gris brun* et *caduc*. Pores crénelés, jonquille pâle, puis fauve livide. Chair spongieuse, fade, *rougissant* à l'air; odeur de pomme reinette. Spore ovoïde (0mm,006-7), ocellée, ocracée.

Été. — Forêts humides et ombragées de saules et d'aunes. Jura, Vosges, Gironde.

(1) Dédié à mon excellent ami le docteur Raoult de Raon-l'Étape, qui explore, avec autant de zèle que de sagacité, la flore mycologique des Vosges septentrionales.

40. Polyporus croceus. Pers. Chapeau dimidié (0^m,1), épais, velouté, *jonquille* ou *orangé*. Chair fibro-spongieuse, délicatement zonée, aurore ou orangé pâle. Tubes longs (0^m,01), jaune fauve; pores anguleux, finement fimbriés, chatoyants, *safranés* ou *orangés*. Spore ovoïde (0^{mm},007), fauve.

Automne. — Sur les troncs de chêne, forêt de Fontainebleau (G. Bernard).

41. Polyporus floriformis. Q. in Bres. Ic. Trid. f. 68. *Blanc de neige.* Chapeau stipité, pelté, imbriqué ou sessile (0^m,02-3), mince, charnu-coriace, *cannelé radié*, satiné, grisonnant au bord. Chair acidule, amarescente. Pores petits, très courts, fimbriés, denticulés. Spore subcylindrique (0^{mm},004), hyaline.

Automne. — Sur les brindilles, les souches ou l'humus des bois de mélèzes et de pins maritimes. Vosges (Forquignon), Gironde (Merlet). Affine à *candidus.*

42. Polyporus vegetus. Fr. Chapeau dimidié (0^m,2-3) ou résupiné, très épais, spongieux-subéreux, *sillonné-zoné* et *brun.* Chair mince (1-2^{mm}), formant une couche floconneuse entre les strates et séparable d'une cuticule épaisse. Pores très fins, longs, blanchâtres, puis brun foncé. Spore ovoïde?

Été. — Sur des planches pourrissantes. Gironde (Merlet). Affine à *dryadeus.*

43. Hydnum ochraceum. P. Chapeau étalé-réfléchi, conchoïde (0^m,02), mince, coriace, tomenteux, sillonné concentriquement, *crème-ocracé.* Aiguillons fins, serrés, pubérulents, *blanc incarnat.* Spore ovoïde-sphérique (0^{mm},005), grenelée, hyaline.

Printemps-été. — Imbriqués cespiteux sur les troncs, marronnier. Côte-d'Or (Forquignon). Affine à *pudorinum.*

44. Radulum orbiculare, var. *luteolum.* Q. Étalé, tomenteux, aranéeux-laineux et blanc de neige au bord. Hymenium glabre; aiguillons effilés (2-3^{mm}), rarement aplatis, pruineux, *jonquille* avec la pointe blanche. Spore en saucisson (0^{mm},012), hyaline.

Hiver-printemps. — Sur le bois pourrissant des conifères.

45. Odontia aurea. Fr. Crustacé, mince, farineux, *jaune*, avec une bordure byssoïde plus claire et *violetée* par la dessiccation. Aiguillons (1-2^{mm}), ténus, pruineux, aigus, *sulfurins* avec la *pointe hyaline.* Spore sphérique (0^{mm},004-5), muriquée, hyaline.

Automne. — Sur les branches mortes, coudrier. Morvan (Dubois).

46. Corticium lactescens. Bk. Adhérent, large, sec, bosselé, céracé, avec une étroite bordure byssoïde blanche. Hymenium pruineux, *blanc glauque*, puis *incarnat-rosé.* Chair ambrée, acidule, *lactescente.* Spore ovoïde ou pruniforme (0^{mm},008), hyaline.

Automne. — Souches creuses, orme, saule. Environs de Lyon (Veulliot).

47. Cyphella griseo-pallida. Wnm. Urcéolé (2-4^{mm}), membraneux, ridé, pubérulent, gris pâle. Hymenium ruguleux, concolore. Spore ovoïde (0^{mm},007-8), hyaline.

Automne. — Sur l'écorce des troncs, tilleul (Patouillard). Jura.

48. Clavaria epichnoa. Fr. Tronc grêle, naissant d'un mycelium soyeux, pruineux, blanc ; rameaux *effilés*, souvent fastigiés, aplatis ou cannelés, glabres, *blanc-hyalin*, puis crème-citrin. Spore ovoïde-sphérique (0^{mm},011), ocellée, blanche.

Été-automne. — Subcespiteux sur les souches des conifères. Vosges.

49. UTRARIA FRAGILIS. Vitt. fung. mang. t. 33, f. 2. Globuleux-turbiné (0m,04-8), plissé dessous avec une racine conique. Voile épais, *mou*, villeux, puis aréolé, séparable, blanchâtre, puis chamois. Péridium mince, fragile et caduc, grisâtre, puis *brun violet*. Base stérile compacte (peu distincte du capillin). Glèbe spongieuse, blanche, puis jonquille, à la fin *chocolat* ou *lie-de-vin*. Odeur et saveur agréables. Spore sphérique (0mm,007-10), finement muriquée, *vineuse*.

Été-automne. — Dans les pelouses montagneuses. Isère (Veulliot).

50. PILACRE FRIESII. Wnm. Stipe grêle, flexueux, pruineux, *citrin*, crème au sommet, ocracé en dedans. Capitule globuleux (1-2mm), revêtu d'un hymenium tomenteux, *verdâtre* ou *olivâtre*. Spore sphérique (0mm,004-5), puis ellipsoïde avec un pli annuliforme, hyaline. (*Pl.* XII. *fig.* 15.)

Printemps. — Sur les ramilles et les racines, vigne, tilleul, orme, rosier, pommier (Boudier) (1).

51. PILACRE FAGINEA. Fr. Stipe grêle, coriace, farineux, grisâtre ou paille. Capitule sphérique (2-4mm), *pulvérulent-floconneux*, *blanc grisonnant*. Conidie sphérique (0mm,008-9), ocellée, *hyaline*. (*Pl.* XII, *fig.* 16.)

Été-automne. — Sur l'écorce du hêtre.

52. PILACRE PETERSII. Bk. et Curt. Stipe grêle, floconneux et blanc. Capitule globuleux turbiné (3-5mm), *floconneux*, *bistré* ou *chamois*. Conidie sphérique (0mm,006-9), ocellée, *brun-fauve*. (*Pl.* XII, *fig.* 17.)

Été-automne. — Sur l'écorce du charme. Ces deux dernières espèces ne sont encore connues qu'à l'état conidiophore; on les trouvera, vraisemblablement, pourvues de thèques cylindriques comme *Friesii*. En les classant parmi les *onygena*, non sans quelque fondement, Fries les avait rapprochés d'un genre appelé provisoirement par lui *Ecchyna*, caractérisé par un péridium difforme et hérissé de poils raides.

53. SCYPHARIA RUTILANS. F. Quél. Jur. et Vosg. II, p. 390. Cupule *festonnée*, puis étalée (0m,01-2), cotonneuse, *blanche*. Hymenium d'un beau *rouge orangé*. Spore sphérique (0mm,013), puis élégamment grenelée. (*Pl.* XII, *fig.* 19.)

Été. — Dans les bois gramineux du Jura. Cette espèce n'appartient pas au genre *humaria*, et ne répond à aucune de celles qui ont été décrites depuis, sous ce nom, par les auteurs, quoique Fries l'ait reconnue autrefois dans notre espèce du Jura.

54. CILIARIA RUBICUNDA. Q. *miniata*. Pat. tab. f. 276. Cupule discoïde (3-5mm), brièvement *ciliée*, incarnat rougeâtre. Hymenium plan, d'un *rouge* brillant. Spore ovoïde lancéolée (0mm,014), *réticulée-alvéolée*. (*Pl.* XII, *fig.* 20.)

Printemps-été. — Dans les forêts arénacées. Gironde (Forquignon).

55. HUMARIA PERSOONII. Crn. var. *amethystina*. Q. Cupule discoïde (3-4m), glabre, opaline. Hymenium plan, améthyste-lilacin. Spore sphérique (0mm,012), ornée de petites verrues globuleuses. (*Pl.* XII, *fig.* 21.)

Printemps-automne. — Sur la terre des forêts ombragées. Jura.

56. ERINELLA ERICINA. Q. Cyathiforme, finement velouté, *blanc de neige*. Cupule (2-3mm), mince. Stipe filiforme, flexueux (2-6mm). Hymenium jonquille. Spore lancéolée (0mm01), 2-3 guttulée. (*Pl.* XII, *fig.* 22.)

(1) Cette espèce, rétablie par M. Boudier, et une variété *subterranea*, également de Weinmann (appelée depuis : *Vibrissea flavipes*. Rab., *Rœsleria hypogea* Thüm), constituent un genre, l'un des meilleurs de Fries, affine à *Cudonia*, *Vibrissea*, etc., et semblable à un *Onygena*, dont il se distingue par un hymenium périphérique.

Printemps. — Sur les brindilles, dans la mousse, au bord des bruyères. Alsace.

57. Erinella pudibunda. Q. Cyathiforme, *blanc* de neige, puis *rosé*, finement velouté de poils mous et *blancs*. Cupule mince, flexueuse (2-3mm). Stipe ténu (1mm-1,5). Hymenium à la fin rose-améthyste. Spore bacillaire (0mm,008). (pl. XII, f. 23.)

Automne. — En troupe sur le bois de saule, dans les tourbières. Morvan. Affine à *virginea* et à *nivea*.

58. Erinella serinella. Q. Cyathiforme, velouté de poils grenelés, jaune jonquille brillant. Cupule urcéolée (0mm,5-7), jonquille ou blanche au bord. Stipe ténu (0mm,6-8). Hymenium d'un sulfurin pâle, puis doré. Spore aciculaire fusiforme (0mm,01), guttulée. (*Pl.* XII, *fig.* 24.)

Printemps. — Sur les aiguilles de sapin. Vosges, Affine à *patula*.

59. Erinella pudicella. Q. Cyathiforme, velouté-cotonneux (poils grenelés), *blanc de neige*, se tachant de *rose* à l'air. Cupule (0mm,3-5), mince. Stipe ténu (0mm,3). Hymenium blanc, puis rosé. Spore aciculaire (0mm,01-011). (*Pl.* XII, *fig.* 25.)

Printemps-été. — En troupe sur les petites graminées. Jura. Ressemble à *mira*.

60. Phialea paludina. Q. Cyathiforme (2-3mm), mince, glabre, *blanchâtre* ou *incarnat*, légèrement *bistré* et *diaphane*. Stipe filiforme, très court ou allongé. Hymenium blanc d'ivoire ou crème. Spore ellipsoïde lancéolée (0mm,01). (*Pl.* XII, *fig.* 26.)

Printemps. — En troupe sur les brindilles et les feuilles mortes, dans les marais. Alsace. Affine à *capillipes*, auquel il ressemble.

61. Mollisia tetrica. Q. Cupule ovoïde, puis turbinée (1mm), glabre, *brune*. Hymenium plan, *olivâtre*. Spore lancéolée (0mm,015-0,2), à la fin grenelée. (*Pl.* XII, *fig.* 27.)

Automne. — Sur le bois pourrissant, hêtre. Vosges. Affine à *rufo-olivacea*.

62. Mollisia typharum. P. Cupule turbinée (0mm,2), très tendre, subtilement pubérulente au bord, *blanc-hyalin*. Hymenium convexe plan, ponctué. Spore cylindrique (0mm,012-14), un peu arquée, guttulée, puis septée.

Été. — Sur les tiges pourrissantes, typha, roseau, carex. Jura. *Coronellaria caricinella*, Karst, ne paraît pas en différer spécifiquement.

63. Cordyceps odyneri. Q. Stipe grêle (0m,01-2), pruineux, *gris clair*, naissant d'un mycelium blanc de neige. Capitule ovoïde, *gris olivâtre*. Périthèces ovoïdes coniques, semi-libres, peu nombreux. Spore capillaire, puis septée. (*Pl.* XII, *fig.* 28.)

Automne. — Sur la larve d'un hyménoptère du genre *Odynère*, dans l'écorce d'une souche de bouleau. Morvan, au mont Follin (Dr Gillot).

64. Nectria cinericola. Q. Périthèce membraneux, sphérique (0mm,3-4), finement grenelé, *rouge orangé*, fixé par un fin mycelium aranéeux et blanc. Ostiole légèrement mamelonné, puis *fimbrié*. Spore ellipsoïde (0mm,014), septée, 2-4 guttulée, hyaline. (*Pl.* XII, *fig.* 29.)

Automne. — En troupe parmi des algues cellulaires, sur la cendre des places brûlées dans les forêts. Jura.

TABLE DES ESPÈCES

Les espèces nouvelles sont marquées d'un astérisque.

Tricholoma miculatum.
Clitocybe obolus.
Collybia pulla.
Id. misera.
Mycena atrocyanea.
Omphalia * velutina.
Id. picta.
Pleurotus pinsitus.
Id. myxotrichus.
Id. limpidus.
Volvaria * grisea.
Pluteus * cinereus
Entoloma phaiocephalum.
Id. scabiosum.
Leptonia Linkii.
Id. * Gillotii.
Nolanea Babingtoni.
Id. * *cruentata.*
Pholiota * muscigena.
Inocybe * violascens.
Flammula picrea.
Cortinarius emunctus.
Id. variegatus.
Id. olivascens.
Id. malicorius.
Id. periscelis.
Id. saniosus.
Id. punctatus.
Crepidotus applanatus.
Coprinus * gonophyllus.
Id. * *tigrinellus.*
Lactarius * decipiens.
Russula * smaragdina.
Id. * lateritia.
Id. * Raoultii.
Id. * *vinosa.*
Lentinus dentatus.
Marasmius * oleæ.
Boletus *rubescens.*
Polyporus croceus.
Id. * floriformis.
Id. vegetus.
Hydnum ochraceum.
Radulum * *luteolum.*
Odontia aurea.
Corticium lactescens.
Cyphella griseo-pallida.
Clavaria epichnoa.
Utraria fragilis.
Pilacre Friesii.
Id. faginea.
Id. Petersii.
Scypharia rutilans.
Ciliaria * rubicunda.
Humaria *amethystina.*
Erinella * ericina.
Id. * serinella.
Id. * pudibunda.
Id. * pudicella.
Phialea * paludina.
Mollisia * tetrica.
Id. typharum.
Cordyceps * odyneri.
Nectria * cinericola.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

1. Omphalia velutina.
2. Volvaria grisea.
3. Leptonia Gillotii.
4. Nolanea cruentata.
5. Pholiota muscigena.
6. Inocybe violascens.
7. Galera mycenoïdes. (Ch. Jur. et Vosg., I, p. 95.)
8. Id. tenuissima. (XIIIe suppl., 1884 p. 3.)
9. Lactarius decipiens.
10. Russula smaragdina.
11. Id. lateritia.
12. Id. Raoultii.
13. Marasmius impudicus. (XIIe suppl., 1883, p. 7.)
14. — oleæ
15. Pilacre Friesii.
16. Id. faginea.
17. Id. Petersii.
18. Terfezia castanea. (Amis des Sc. nat. de Rouen, no 80.)
19. Scypharia rutilans.
20. Ciliaria rubicunda.
21. Humaria amethystina.
22. Erinella ericina.
23. Id. pudibunda.
24. Id. serinella.
25. Id. pudicella.
26. Phialea paludina.
27. Mollisia tetrica.
28. Cordyceps odyneri. 1. Conidies, 2. Cordyceps, 3. Périthèce, 4. Asce, 5. Spore.
29. Nectria cinericola.

M. Félix PLATEAU

Professeur à l'Université de Gand.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA VISION DES INSECTES

— *Séance du 17 août 1885* —

Tenant compte des recherches théoriques de Sig. Exner, publiées en 1875, d'après lesquelles l'image des objets extérieurs, produite par la cornéule, est détruite par le cône cristallin dans l'œil composé des Insectes, et aussi d'après lesquelles les Insectes munis d'yeux à facettes ne peuvent distinguer la forme des corps et ont surtout la perception des mouvements, M. Félix Plateau a cherché à déterminer expérimentalement si oui ou non les Insectes à yeux composés voient la forme des objets.

A cet effet, il lâche un grand nombre de fois des Insectes susceptibles de voler dans une chambre obscure spacieuse, dont l'une des parois est munie de deux orifices lumineux, distants dans le sens horizontal de plus de deux mètres, de sorte que les Insectes peuvent choisir l'orifice vers lequel ils volent. L'un de ces orifices a une forme telle (carrée, par exemple) et des dimensions telles que l'Insecte peut largement le traverser à plein vol. L'autre, tout en présentant la même surface totale en centimètres carrés, ou même une surface plus grande, a une forme choisie de façon à ce que le passage soit impossible, comme, par exemple, une longue fente étroite et verticale, un treillis composé d'une série de petites ouvertures séparées par de larges barreaux, etc.

Il a semblé à l'auteur que si les Insectes distinguent la forme des objets, ils devaient toujours se diriger vers l'orifice susceptible de leur livrer passage: or, ce n'est point là ce qui a lieu.

Il résulte d'expériences nombreuses, effectuées sur des Coléoptères, des Hyménoptères, des Diptères, des Lépidoptères et des Odonates, que si les deux orifices ont même intensité lumineuse, les Insectes se rendent indifféremment à l'un ou à l'autre, et se trompent souvent; que si l'un des orifices est un peu plus éclairé que l'autre ou offre, en apparence (tel est le cas d'un treillis), une surface plus grande, les Insectes se laissent toujours tromper par des différences d'éclat ou des différences apparentes de surface.

Il est bon de rappeler que, dans ces expériences, les Insectes placés dans d'autres conditions que les animaux en liberté, ne peuvent utiliser

que leurs yeux et ne peuvent se laisser guider ni par la couleur des corps ni par l'odorat. La conclusion finale est donc que la théorie d'Exner est très probablement exacte et que les Insectes munis d'yeux composés ne distinguent pas ou distinguent très mal la forme des objets (1).

M. H. BEAUREGARD

Aide-Naturaliste au Muséum.

NOTE SUR QUELQUES PARTICULARITÉS DU DÉVELOPPEMENT DE LA CANTHARIDE

— *Séance du 19 août 1885* —

On sait que l'évolution de la Cantharide comprend trois phases bien distinctes, que l'on peut désigner sous les noms de phases: *estivale*, *hibernale* et *printanière*.

Dans la phase estivale, l'œuf donne naissance à la larve qui, après diverses transformations et mues intermédiaires, produit la *pseudo-chrysalide*.

Dans la phase hibernale, cette dernière forme persiste sans aucune modification apparente. C'est une sorte d'état latent.

Dans la phase printanière, enfin, les dernières transformations s'opèrent, qui conduisent à l'insecte parfait.

Le temps qui s'écoule entre ces diverses périodes évolutives est loin d'être le même de l'une à l'autre. C'est ainsi que mes éducations m'ont donné une moyenne de 40 jours pour la durée de la période estivale, 8 mois et demi environ pour la période hibernale et 25 à 27 jours pour la dernière étape. Des œufs pondus à la fin de juillet, je n'ai obtenu l'insecte parfait qu'à la fin de mai ou au commencement de juin de l'année suivante. Ces dates correspondent, bien entendu, à celles de mes éducations, mais sont susceptibles de varier, car la durée de la vie de la Cantharide à l'état parfait n'est certainement pas égale à deux mois.

Ici, je dois signaler un fait intéressant que j'ai eu l'occasion d'observer. D'œufs qui avaient été pondus le 21 juillet 1883, j'ai obtenu le 29 août de la même année diverses pseudo-chrysalides. L'une de celles-ci, au lieu de se transformer au printemps suivant, selon l'habitude, passa sans aucune

(1) Ce travail a déjà été communiqué à l'Académie des Sciences de Belgique, dans sa séance du 1er août 1885.

modification tout le cours de l'année 1884 et n'entra dans sa période de développement définitif que le 1er avril 1885, pour arriver à l'état parfait le 27 avril. Elle mit donc près de deux ans à évoluer, mais il est à remarquer qu'elle se trouvait en avance sur toutes les Cantharides de 1885, que je n'ai obtenues dans mes éducations ou qui n'ont apparu dans la campagne qu'à la fin de mai ou au commencement de juin. Je ne sais si l'on connaît chez d'autres Coléoptères des exemples d'un semblable retard dans le cours du développement, mais le fait est fréquent chez les Vésicants. M. Fabre l'a signalé chez le *Sitaris humeralis* et j'ai eu également l'occasion de l'observer chez cette espèce ainsi que chez le *Stenoria apicalis*. Je ferai remarquer que ni le sexe ni les conditions climatériques ne paraissent influer dans ces circonstances, car j'ai obtenu de la même ponte des individus qui se développèrent normalement dans les mêmes conditions de sexe et de milieu que l'individu qui fait le sujet de cette observation.

J'arrive à une autre série de faits. Les intervalles de temps qui s'écoulent entre les transformations qu'on observe dans la période estivale ou dans la période printanière sont loin d'être égaux d'un individu à l'autre. Ainsi, tandis que, dans un cas, 6 jours ont suffi à la troisième larve pour devenir nymphe, la même évolution a nécessité 11 jours chez un autre individu et 14 jours même chez un troisième. D'autre part, la nymphe se transforma en insecte parfait, en 18 jours, chez le premier, tandis que chez le deuxième cette opération exigea 16 jours seulement et 11 chez le troisième. En examinant ces chiffres, on voit qu'ils donnent pour chaque individu un laps de temps sensiblement égal (24, 25 et 27 jours) pour l'ensemble de la période printanière. Il y a, en effet, comme une compensation qui s'établit entre les espaces de temps employés pour les deux transformations chez un même individu. On peut se demander, dès lors, si les différences sont aussi réelles qu'elles le paraissent au premier abord, et si l'on en doit tenir sérieusement compte. Les temps sont calculés, en effet, d'après l'époque des mues; or, il se pourrait que ces mues (phénomènes secondaires, puisque certains Vésicants, tels que les Sitaris, restent enveloppés jusqu'à la fin de leur évolution dans leurs mues successives) s'effectuassent plus ou moins difficilement et que tel individu ne pût rejeter son enveloppe de troisième larve qu'un temps plus ou moins long après son passage à l'état de nymphe. On s'expliquerait ainsi pourquoi la dernière période, dans ce cas, est abrégée par rapport à la même période chez d'autres individus qui l'ont atteinte plus rapidement. Cette observation me paraît intéressante parce qu'elle est susceptible de généralisation.

Chez tous les Vésicants dont il m'a été permis de suivre le développement (Sitaris, Cantharis, Zonitis, Stenoria, etc.), j'ai été frappé de la couleur jaune d'ambre ou jaune jujube que revêt toujours la forme pseudo-chrysa-

lidaire. Il me semble que cette couleur peut être appelée à jouer un certain rôle, si l'on tient compte de ce fait que la plupart des larves de Coléoptères redoutent la lumière. A la vérité, les pseudo-chrysalides en question sont toujours enfoncées plus ou moins profondément dans le sol ou renfermées dans les cellules des Hyménoptères dont elles se sont emparées. Mais, même dans ces conditions, il se peut que l'obscurité ne soit pas parfaite, et que la pseudo-chrysalide trouve avantage à passer la longue période hibernale à l'abri d'une enveloppe ainsi colorée, par la même raison que nous conservons nos produits chimiques altérables à la lumière dans des flacons qui ont une teinte absolument identique.

Certaines espèces, comme la Cantharide et le Cérocome, se débarrassent au printemps de cette livrée jaune. Mais d'autres, comme *Sitaris humeralis* et *Stenoria apicalis*, y subissent leurs dernières transformations et ne déchirent leur enveloppe protectrice que lorsqu'elles sont arrivées à l'état parfait.

Il y aurait d'intéressantes recherches à faire (peut-être ont-elles été tentées?) sur l'action des diverses lumières au point de vue du développement des larves de Coléoptères. En tout cas, les réflexions qui précèdent m'ont été suggérées par le fait suivant : En ouvrant une enveloppe pseudo-chrysalidaire de *Sitaris humeralis* pour en extraire la troisième larve, que je voulais conserver, je fus frappé du rôle de cette enveloppe, qui ne laissait passer, dans la chambre qu'elle limitait de toutes parts, que des rayons semblables à ceux qui éclairent les laboratoires des photographes. La larve y était à l'abri de tous les rayons chimiques.

M. H. NICOLAS

A Avignon.

SUR L'ARRÊT COMPLET DE DÉVELOPPEMENT DES LARVES D'HYMÉNOPTÈRES ENTRE LA PÉRIODE LARVAIRE ET LA FORME DE NYMPHE; SUR LA PREUVE QUE CERTAINS ACTES NE SONT PAS GUIDÉS PAR L'INSTINCT, ET SUR LE PARASITISME

— *Séance du 19 août 1885* —

Vouloir admettre que l'instinct seul guide les insectes, qu'il n'y a chez eux que cette faculté inconsciente qui les pousse aveuglément, est bien prématuré.

A peine entrevue, cette loi prétendue unique, immuable, surtout, offre

de nombreuses exceptions et se prête à bien de modifications, car non seulement l'insecte parfait abandonne lui-même la série des actes instinctifs, mais souvent des troubles se manifestent dans la marche qu'il doit suivre de l'œuf à sa complète transformation.

Ce dernier phénomène, A, complique l'évolution régulière par des temps d'arrêt peu étudiés, dont l'explication nous échappe encore. Le premier, B, nous montre l'insecte mettant en jeu une faculté qui ne peut être l'instinct.

L'arrêt de développement dont sont frappés quelques larves d'une même portée, lorsque les autres suivent leur évolution, offre un caractère remarquable, étrange, qui doit se rattacher à des conditions d'atavisme, ce qui établira, une fois bien connu, la filiation des espèces.

A. En 1883, une femelle d'*Anthidium septemdentatum* avait choisi, pour nidifier, une des nombreuses coquilles qui se trouvent errantes sur ma table de travail. Une nasse et trois hélix sont préférées aux autres, pour y confier la jeune colonie ; puis, la ponte faite, j'attends le résultat.

Qu'arriva-t-il ? L'éclosion individuelle se produisit en mai 1884 par la sortie de quatre Anthidiums, dont j'ai relevé le sexe, ce qui importe peu ici, — et là se bornent les naissances.

Tout 1884 s'écoule, lorsque cette année, en 1885, voulant me rendre compte des causes qui ne m'avaient donné que ces quatre rejetons, je trouve deux larves frappées d'arrêt, fraîches, parfaites, prêtes à subir leur transformation en nymphe pour une époque indéterminée.

Imprévoyant et surpris, j'avais porté une atteinte mortelle à ces jeunes retardataires, en brisant les coquilles qui contenaient leur nids.

L'éclosion n'avait pas été totale dans son ensemble pour la même espèce, je n'étais arrivé qu'à des sorties partielles.

Ce cas n'est pas isolé, il s'est reproduit pour une autre espèce, et d'une façon plus spéciale pour le fait suivant.

En visitant mes roseaux coupés, que je présente depuis deux ans à l'activité des Hyménoptères et dans lesquels mes insectes savent très bien utiliser l'intérieur, je rencontrai un nid maçonné d'*Osmia adunca*. Prévenu par l'expérience, j'ouvre prudemment les cellules en brisant le mur d'argile qui les entoure, celles seulement où les cloisons séparatives ne sont pas débouchées, et sur neuf cellules que contient le roseau, cinq des premières sont perforées et communiquent entre elles preuve évidente que l'éclosion successive s'est produite, dans l'ordre de superposition, celle d'en haut la première, pour arriver à la dernière. Les cellules 6 et 7 ont leur cloison complète, intacte, puis les 8 et 9, les plus inférieures, contiennent l'Hyménoptère morte à la tâche, n'ayant pu fuir par le haut : les deux 6 et 7 étant encore occupées. Or, ce sont précisément ces deux cellules qui, ainsi que je l'ai dit, ouvertes avec des précautions infinies, recèlent encore

deux larves, fraîches, vivantes, présentant cet état stationnaire, cette période latente qui n'a pas de nom et que j'appellerais volontiers *état de transition.*

Ce n'est donc pas spécialement une espèce qui présente ce phénomène qui fait une exception importante à la règle de l'évolution.

B. Ici je trouve les actes instinctifs, disait-on, que l'insecte accomplit successivement, et sur lesquels il ne revient plus une fois effectués, en désaccord complet. Souvent interrompus et repris plusieurs fois, l'insecte revient, recommence et achève enfin sa tâche.

L'*Ammophile hérissée* chasse d'abord la chenille où doit être pondu l'œuf : la place au-dessus du sol sur la première plante venue, puis creuse son terrier.

Le *Parasphex albisecta*, au contraire, pratique son trou au début, se met en chasse après, et revient traînant une sauterelle par les antennes comme traits d'attelage. L'ouverture du trou de la galerie a été fermé prudemment et dissimulé savamment pendant son absence à la recherche du gibier, pour éviter sans doute toute occupation étrangère.

J'ai vu donc une Ammophile et un Parasphex se disputer alternativement le même terrier, que chacun creusait à tour de rôle après chaque escarmouche. Le Parasphex termine après bien des combats et part pour la recherche d'une proie. Pendant cette excursion l'Ammophile revient, débouche et creuse encore. L'infatigable chasseur (Parasphex) arrive, dépose son gibier, bouscule le gênant mineur, reprend sa sauterelle, l'introduit à reculons, bouche en partie ; mais l'Ammophile, revenue à l'improviste, met en fuite le Parasphex et recreuse.

Le Parasphex, sans être découragé, reprend possession du logis après une rude attaque, rebouche à nouveau, et achève enfin sa tâche après bien des assauts. J'abrège.

Que fait l'Ammophile ? Vaincue, elle recreuse non loin de là une nouvelle galerie qu'elle termine rapidement. C'est à ce moment que survient un troupeau de moutons, chien sur les flancs, berger à l'arrière, soulevant un nuage de poussière. Je tremble pour le sort de cette nouvelle entreprise. Que va-t-il se passer ?

C'est bien simple. Après le passage des bêtes à laine il n'y a plus trace du trou, la chenille même roule dans la poussière, mais l'Ammophile recommence l'œuvre pour la *troisième fois*.

Autre fait. L'*Anthidium septemdentatum* ♀ amasse, pour clôturer son nid, de petits cailloux qu'elle entasse avec art dans la coquille qui lui sert à nidifier. Eh bien ! ce travail laborieux fini, je renverse la coquille pendant une de ses sorties. Tout est donc à refaire ; n'importe, elle recommence et va reprendre de nouveau un à un les matériaux au *dehors* comme d'habitude. Une seconde fois je détruis et bouleverse tout, avec cette différence

que je place sur un plan incliné d'autres matériaux non loin de son logement. Pas d'hésitation, elle s'en sert de suite, les transporte rapidement et achève encore pour la *troisième* fois un acte qui n'aurait dû être fait qu'une seule fois. Il y a mieux, puisque ici cet Anthidium substitue le mode de transport, qu'il fait à pied en dernier lieu ; lorsqu'il l'avait accompli en volant les ailes étendues, en ballon, si vous voulez.

L'espace nous manque malheureusement, mais nous pourrions multiplier ces exemples.

L'*Osmia tricornis*, d'après Fabre, construit son nid dans des roseaux, qui, trop grand, nécessite de sa part une architecture spéciale par des cloisons obliques entrecroisées.

Mais cette espèce n'a pas le mérite exclusif d'une combinaison aussi savante qu'imprévue. L'*Odyneres parietum*, l'*Osmia adunca*, le *Megachilus centuncularis* ont tout autant de droit à ces éloges, et nous offrent le même discernement spontané dans la disposition la plus utile à adopter d'urgence pour un local donné. Leurs nids, que j'ai admirés, me présentaient des combinaisons nombreuses ne se ressemblant nullement. L'*Osmia adunca* a su couper par un plan vertical sur l'axe du roseau cette section trop grande, et cela aux deux extrémités du tube, tandis que les loges intermédiaires en occupaient toute l'étendue.

Le *Megachilus centuncularis* a élevé deux rangs de cellules dans le même roseau. Or, comme cet Hyménoptère construit son nid avec des feuilles découpées, la difficulté de cette double élévation est grande, car elle a dû se faire de front, et non isolément.

Reste le parasitisme offrant des cas multiples, lorsqu'ils semblent exclusifs. Pour ne citer que quelques exemples, je signale des éclosions de *Zonitis mutua* d'un nid d'*Osmia adunca*.

L'*Emenadia bipunctata* se trouvait éclos parmi mes nombreux roseaux d'Hyménoptères.

Deux *Malachius rufus* ou *æneus* arrivent à éclore, à quelques jours de distance, au milieu de roseaux toujours à Hyménoptères.

Un troisième *Malachius* (à étudier) a la même origine. Pour tous ces Coléoptères, ce sont certainement des habitats nouveaux à signaler.

Enfin pour des Hyménoptères parasites d'autres, j'ai vu le *Leucaspis gigax* arriver à la fois de nids cotonneux d'*Anthidium* et dans ceux d'*Osmia adunca*.

Considérant ces faits comme très intéressants à signaler, j'ai pensé qu'il fallait en donner un aperçu, trop rapide cependant, en attendant de compléter ces études qui font le charme de mes loisirs depuis plus de trois années.

M. RENAUT

Professeur à la Faculté de Médecine de Lyon.

SUR LES FIBRES UNITIVES DES CELLULES DU CORPS MUQUEUX DE MALPIGHI

— *Séance du 19 août 1885* —

Depuis la découverte de SCHRÖN et la description plus complète de MAX SCHULTZE, on sait que les cellules du corps de Malpighi présentent à leur périphérie des épines : ce sont les *Pointes de Schultze* bien connues. RANVIER, dans son traité technique, a montré que ces pointes passent d'un travers à l'autre des lignes de ciment, sans aucune interruption, et les considère comme des ponts protoplasmiques unissant les cellules entre elles de façon à établir la continuité de la formation malpighienne tout entière, dans les deux sens de la hauteur et de la direction tangentielle. De plus, il a décrit de *longs prolongements* qui unissent deux cellules éloignées l'une de l'autre, et prenant appui, entre les deux, sur les côtés latéraux des cellules intermédiaires aux deux extrêmes. Il considère chaque long prolongement comme une pointe de Schultze considérablement allongée par le mécanisme de l'étirement.

Si l'on fixe pendant douze heures, dans la chambre humide et à l'aide des vapeurs osmiques, le modèle épidermique du sabot du veau quand ce modèle ne dépasse pas en longueur 24 à 25 millimètres, et que le limbe unguéal, répondant à la future paroi du sabot, commence à peine à se différencier, on peut suivre sur des coupes sagittales, colorées convenablement par le picrocarminate d'ammoniaque, la purpurine ou l'éosine hématoxylique, le processus complet de l'évolution du limbe unguéal et de l'épiderme. L'observation n'étant pas gênée par l'envahissement des cellules par la substance cornée déposée sous forme massive, ce processus apparaît alors entièrement dégagé, comme celui de l'ossification dans un os décalcifié.

On voit alors qu'immédiatement au-dessus de la couche profonde de cellules prismatiques, qui est ici constituée par plusieurs rangées, chaque cellule de Malpighi prend brusquement une forme globuleuse. Le noyau nucléolé paraît entouré d'une zone claire arrondie ou ovalaire, *zone endoplastique*, limitée par une écorce ou *zone exoplastique* que le picrocarminate et l'éosine teignent en rouge. Cette zone est fibrillaire et, à sa surface, se forment des différenciations tangentielles consistant en des fibres raides qui passent comme des baguettes réfringentes rectilignes sur des séries de trois, quatre, cinq cellules ou davantage, sans offrir d'anasto-

moses ni de divisions; après quoi elles subissent des inflexions et sortent du plan de la préparation. Ce sont des fibres de toute longueur noyées, à leur passage dans l'écorce de chaque cellule, dans la substance de l'exoplasme et, dans ces limites, formant des crêtes; tandis que, dégagées dans les espaces de ciment, elles constituent des pointes de Schultze. Sur les coupes sagittales, suivant la longueur du sabot, la majorité de ces *fibres unitives* est dirigée de bas en haut et d'avant en arrière, en sens inverse de la poussée de l'ongle; mais, en réalité, il en existe dans tous les sens, et on les voit coupées sous forme de grains dans les lignes de ciment. Cette observation est, à mon sens, d'une grande valeur, parce qu'elle montre que les longs filaments unitifs que je décris, et dont les longs prolongements de Ranvier ne sont qu'un cas particulier, ont la signification morphologique non de portions étirées du protoplasma, mais bien de différenciations tangentielles tout à fait comparables à celles qui, formées à la surface du corps des cellules de la névroglie, constituent les fibres névrogliques dont les réactions histochimiques sont d'ailleurs à peu près les mêmes.

On retrouve aisément ces fibres noyées dans l'exoplasme et formant des séries passant en divers sens sur les corps cellulaires comme des hachures, enfin constituant les épines de Schultze dans les lignes du ciment, quand on observe, avec un bon objectif à immersion homogène, tel que le 12 de Verick, une coupe sagittale de l'ectoderme de la pulpe du doigt de l'homme (fixée par le bichromate d'ammoniaque à 2 0/0 et ensuite durcie par la gomme et l'alcool, puis colorée par l'hématoxyline très faible). Au milieu des espaces interpapillaires, là où les séries élévatoires des cellules sont très allongées, les hachures verticales indiquent la disposition, à partir de la couche génératrice jusque vers le lac de Malpighi, même avec un bon objectif sec ordinaire (ocul. 1, obj. 7 Verick). Cette disposition est donc générale, bien que, à cause de la netteté des fibres unitives et du volume des éléments cellulaires, il convienne avant tout de l'étudier dans le sabot fœtal du veau ou du mouton.

Dans la partie de ce sabot qui deviendra l'ongle, les fibres unitives se multiplient et deviennent très fines; mais on les retrouve toujours, sous forme de pointes de Schultze caractéristiques, dans les lignes de ciment qui, même à ce moment, subissent une légère imprégnation cornée et sont très réfringentes. Les cellules évoluant de cette façon seront plus tard envahies par la kératine sans avoir perdu aucun de leurs moyens d'union. Aussi la corne sera solide et non sujette à la desquamation. L'éléidine reste, comme on le sait, absolument étrangère à ce processus.

Elle existe, au contraire, dans toute la portion du modèle épidermique qui ne répond pas au limbe unguéal. Au-dessous d'elle, c'est-à-dire de la couche granuleuse, l'ectoderme montre, de même qu'au niveau de l'ongle, les crêtes unitives. Au-dessus d'elle il n'y a plus aucune crête

unitive dans les lignes de ciment, qui sont d'une extrême minceur. L'exoplasme est filamenteux, à filaments grêles empelotonnés, dont quelques-uns seulement, très délicats, passent d'une cellule à l'autre. La kératinisation s'opérera par suite sur des éléments collés entre eux, mais dont les joints ne sont pas chevillés. L'épiderme sera desquamant.

L'éléidine n'est donc certainement pas une substance kératogène, puisqu'elle manque dans les cornes persistantes. Elle existe au contraire partout où les cellules du corps muqueux, après leur complète évolution, ne doivent pas rester solidement unies. Son apparition indique que la formation des filaments unitifs va s'arrêter et rétrograder : c'est l'*évolution épidermique*. Son absence montre que l'on est au contraire en présence d'une *évolution cornée vraie*. En dehors de cette notion très générale, on ne peut formuler aujourd'hui sur le rôle physiologique et histochimique intime de l'éléidine que des hypothèses sans fondement.

M. D'AULT-DUMESNIL

Administrateur des Musées, à Abbeville.

NOUVELLES FOUILLES FAITES A THENAY EN SEPTEMBRE 1884

— *Séance du 13 août 1885* —

M. D'Ault-Dumesnil décrit la coupe d'une tranchée ouverte l'année dernière, à Thenay, aux frais de l'Association française.

DESCRIPTION DE LA COUPE

9. La *Terre végétale* contient dans tout le pays des instruments néolithiques. Elle a une épaisseur moyenne de $0^m,40$.

8. L'*Alluvion ancienne* doit être classée dans le quaternaire moyen, elle est archéologiquement caractérisée par des instruments du type acheuléen.

7. Un cordon argileux, provenant de la dissolution des premiers bancs calcaires, sépare l'alluvion quaternaire de la marne ; son épaisseur est de $0^m,10$.

6-5. Le *Calcaire lacustre de Beauce* se présente d'abord sous la forme d'un calcaire solide (n° 6), puis vient une couche de marne grise avec nodules calcaires qui en dépend (n° 5). Ces deux assises sont paléontologiquement caractérisées par le *Tapirus Poirrieri* et l'*Acerotherium* et appartiennent à l'Aquitanien inférieur.

Nous reconnaissons avec M. Douvillé « qu'une lacune importante sépare le calcaire de Beauce de l'argile à silex ». C'est durant cette longue période d'émersion, représentant tout l'éocène et une partie du miocène, que l'argile à silex et la craie ont été exposées aux attaques des agents atmosphériques et que de grands remaniements se sont opérés.

4-3-2. Les trois lits d'*Argile verte* présentent une épaisseur totale de $0^{m},70$ à 1 mètre. Cette argile empâte des silex aux angles légèrement émoussés et repose sur le premier banc de marne n° 1. C'est dans la couche n° 3 que l'abbé Bourgeois a fait ses principales découvertes d'éclats de silex regardés par lui comme intentionnellement travaillés.

Ces couches ont été puissamment attaquées par les agents atmosphériques, et les silex qu'elles contiennent sont fendillés, éclatés et profondément altérés.

D'après toutes les observations, ces lits occupent une position superficielle au-dessus de l'argile à silex, et il n'est pas douteux qu'ils n'aient été formés, en grande partie du moins, à leurs dépens.

Si cette argile ne donne aucune preuve nous permettant de la dater, il en est autrement, croyons-nous, du banc de marne n° 1 qui la supporte.

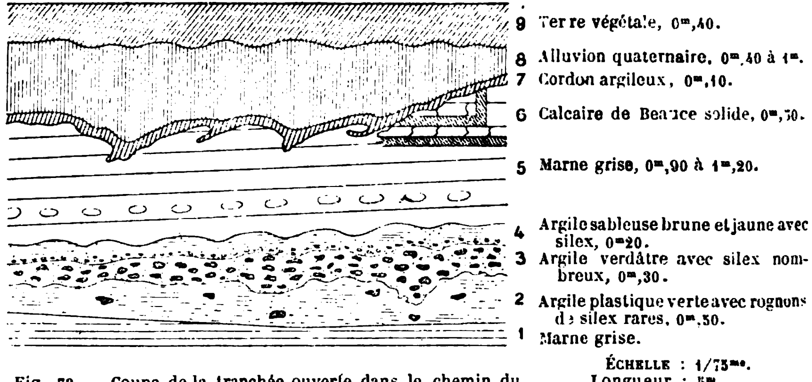


Fig. 73. — Coupe de la tranchée ouverte dans le chemin du Coudray (commune de Thenay, Loir-et-Cher).

La composition minéralogique identique de cette marne et de la marne supérieure n° 5, la présence des mêmes nodules calcaires m'a fait penser qu'on ne pouvait les séparer, comme âge.

L'*Argile verte* intercalée entre ces deux couches de marne est donc miocène.

1. A la base de ces assises on observe un banc de *Marne grise* qui forme le premier terme de la série aquitanienne. Cette marne, comme nous venons de le voir, offre la même composition minéralogique et renferme les mêmes nodules calcaires que la marne supérieure n° 5.

M. Douvillé, dans sa remarquable notice explicative de la fouille de Blois (carte géologique détaillée de la France), n'assigne aucun âge déterminé à ces lits d'argile.

En résumé, nous plaçons, avec l'abbé Bourgeois, MM. G. de Mortillet et G. Le Mesle, les argiles vertes et la marne inférieure à la base de l'Aquitanien.

Les deux tableaux qui terminent cette note indiquent l'ordre de superposition des différentes assises miocènes observées à Thenay et résument toutes nos observations.

TABLEAU

Indiquant l'ordre de superposition des assises quaternaires et aquitaniennes traversées par la fouille ouverte dans le chemin du Coudray, commune de Thenay (Loir-et-Cher).

PÉRIODES	ÉTAGES			CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES	CARACTÈRES GÉOLOGIQUES	CARACTÈRES D'ALTÉRATION
Quaternaire	Quaternaire moyen.				Alluvion Argile sableuse rouge (sable tertiaire remanié). Épaisseur : 0m,40 à 1 mètre.	Silex fendillés.
MIOCÈNE (Tertiaire moyen)	LACUNE					
	Aquitanien inférieur.	4e assise		Acerotherium, Tapirus Poirrieri.	Calcaire solide de Beauce. Épaisseur : 0m,50.	Poches d'altération.
		3e assise		Acerotherium.	Marne grise avec nodules calcaires. Épaisseur : 0m,90 à 1m,20.	Zones d'altération.
	LACUNE					
	Aquitanien inférieur.	2e assise	3e lit		Argile sableuse brune et jaune avec silex. Épaisseur : 0m,20.	Les couches d'argile ont été soumises à des altérations puissantes opérées par les agents atmosphériques. Les silex sont profondément altérés et souvent entièrement décomposés. Silex fendillés, brisés, anguleux.
			2e lit	Silex à spongiaires empruntés à la craie.	Argile verdâtre avec silex abondants. Épaisseur : 0m,30.	Le carbonate de chaux pénètre dans les fissures de l'argile et dans les fentes des silex. Les éclats de silex sont parfois complètement séparés.
			1er lit	Micraster de la craie.	Argile plastique verte avec silex très rares. Épaisseur : 0m,50.	Principal gisement des silex taillés de l'abbé Bourgeois.
		1re assise			Marne grise avec nodules calcaires.	

TABLEAU

Indiquant l'ordre de superposition des assises miocènes observées aux environs de Thenay.

PÉRIODE	ÉTAGES			CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES	CARACTÈRES GÉOLOGIQUES	CARACTÈRES D'ALTÉRATION
MIOCÈNE (Tertiaire moyen)	Helvétien.			Ostrea crassissima, Halitherium. Ossements de mammifères remaniés et empruntés aux sables de l'Orléanais. Silex à spongiaires enlevés à la craie.	Faluns. Sables siliceux calcarifères. Lits de sables agglutinés par un ciment calcaire (Grès). Lits sableux et caillouteux avec nombreux silex craquelés, fendillés	Silex fendillés brisés, anguleux. Les rognons de silex sont incrustés de calcaire, et les fentes sont remplies, à l'intérieur, de carbonate de chaux. Poches d'altération.
	Mayencien.			Mastodon angustidens, Dinotherium Cuvieri, Rhinoceros aurelianensis. Pliopithecus antiquus. Commencement du règne des proboscidiens et des singes (A. Gaudry).	Sables de l'Orléanais. Sables grossiers, argileux, rougeâtres.	Silex fendillés.
	Aquitanien inférieur.	4e assise		Acerotherium, Tapirus Poirrieri.	Calcaire solide de Beauce.	Poches d'altération.
		3e assise		Acerotherium.	Marne grise avec nodules calcaires.	Zones d'altération.
	LACUNE					
	Aquitanien inférieur.	2e assise	3e lit	Silex à spongiaires arrachés à la craie.	Argile sableuse brune et jaune avec silex.	Les couches d'argile ont été soumises à des altérations puissantes opérées par les agents atmosphériques. Les silex sont profondément altérés et souvent entièrement décomposés Silex fendillés, brisés, anguleux.
			2e lit		Argile verdâtre avec silex abondants.	Le carbonate de chaux pénètre dans les fissures de l'argile et dans les fentes des silex. Les éclats de silex sont parfois complètement séparés.
			1er lit	Micraster de la craie.	Argile plastique verte avec silex très rares.	Principal gisement des silex taillés de l'abbé Bourgeois.
		1re assise			Marne grise avec nodules calcaires.	

M. François DALEAU

A Bourg-sur-Gironde.

NOTE SUR LES SILEX DE THENAY

— *Séance du 13 août 1885* —

I

L'Association française pour l'avancement des sciences, m'ayant chargé avec M. d'Ault-Dumesnil de diriger les fouilles de Thenay, j'arrivais à Pontlevoy dans la soirée du 1er septembre 1884, où je rencontrais M. d'Ault-Dumesnil, qui, m'ayant précédé de quelques jours, avait déjà étudié les divers affleurements tertiaires des environs de cette localité.

La journée du 2, très pluvieuse, du reste, fut employée à choisir l'emplacement sur lequel on ferait les fouilles, à nous entendre avec le propriétaire du sol et à recruter des ouvriers.

Le 3, nous fîmes ouvrir une tranchée de 5 mètres de long sur 0m,80 de large, au lieu dit le Pont-de-Gallé (parcelle n° 128, section D du plan cadastral), commune de Thenay, canton de Montrichard (Loir-et-Cher).

Ce point fut choisi, parce que l'abbé Bourgeois y avait fait des fouilles que nous allions pour ainsi dire poursuivre et que cette *cave* (nom local) présentait deux talus qui, vu le peu de temps dont nous disposions, facilitaient considérablement nos travaux. La fouille fut poussée jusqu'à la couche de marne grise que les ouvriers rencontrèrent à 3m,06 au-dessous du niveau du sol.

TRANCHÉE DU PONT-DE-GALLÉ. COUPE PRISE DU COTÉ EST.

A. Terre végétale	0.50
B. Alluvion sableuse rouge (Quaternaire)	0.50
C. Calcaire de Beauce. / D. Marne grise avec petits blocs de calcaire de Beauce	1. »
E. Sable argileux brun sans silex	0.18
F. Sable argileux jaune avec silex	0.08
G. Argile verte, principal gisement des silex	0.35
H. Argile plastique verte, compacte, avec rognons de silex rares à la partie supérieure, sans silex à la partie inférieure	0.45
I. Marne grise. Total	3.06

Arrivés à la couche F (sable argileux jaune), nous rencontrons quelques petits silex dont le nombre augmente à mesure que nous nous rapprochons

de la couche G (argile verte). Celle-ci contient une grande quantité de silex un peu plus gros que les précédents. Pour vous donner une idée de leur nombre, je crois devoir vous citer le fait suivant : J'avais rapporté chez moi un bloc d'argile pesant, après dessiccation, 2,349 grammes. Les silex séparés de l'argile, j'ai obtenu :

Argile	1,663	grammes
Silex	686	—

Vient ensuite la couche H (argile plastique verte) dont la partie supérieure renferme quelques silex décortiqués d'assez grande dimension. Au-dessous, se trouve la couche de marne grise.

J'ai ramassé avec soin, dans ces différents lits, un grand nombre de silex que je plaçais dans des caisses au fur et à mesure que je les dégageais de l'argile qui les empâtait.

Le 4, jour de l'ouverture du Congrès, nous fîmes pratiquer une seconde tranchée semblable, à l'ouest de la première. Arrivé vers la partie inférieure de la couche D, c'est-à-dire un peu avant le banc d'argile à silex, nous suspendîmes les travaux pour que cette assise fût mise à découvert sous les yeux mêmes de nos collègues des sections d'Anthropologie et de Géologie, dont la visite était fixée au 8 septembre.

Nous partîmes de Pontlevoy dans la soirée, pour être à Blois le 5, et assister aux séances de notre section. Ce fut ce jour-là seulement qu'on nous indiqua le crédit alloué pour les fouilles par l'Association française. J'ai vivement regretté d'avoir été informé à la dernière heure, car, prévenu quelques jours à l'avance et avec cette même allocation, qui n'a pas dû être dépensée, nous aurions pratiqué deux ou trois autres tranchées, sur divers points, qui peut-être nous auraient fait faire d'importantes découvertes, mais qui, à coup sûr, nous auraient fourni de nombreux matériaux.

Presque tous les silex que j'ai recueillis dans le gisement du Pont-de-Gallé sont noirs, quelques-uns sont de couleur blonde et d'autres sont tachés de rouge. Leur patine est d'un gris bleu passant au blanc, ou simplement représentée par un vernis brillant.

Plusieurs silex se sont effrités dans nos mains en les dégageant de l'argile. Les ouvriers les désignaient sous le nom de *silex pourris*.

Durant une de mes nombreuses excursions à Thenay, j'ai visité les talus bordant le chemin du Bas-Coudray. Je recommande d'une façon toute particulière, aux futurs fouilleurs, un affleurement d'argile, correspondant à la couche G de ma coupe, que j'ai observé dans une tranchée située à l'est de la maison du sieur Gauthier-Roy, au lieu dit la Benarderie : ce gisement renferme des silex blonds, pour la plupart, ou de couleur cornée et d'une pâte plus fine et plus homogène. Les silex craquelés y sont rouges ou rosés.

Ces échantillons m'ont rappelé ceux que m'avait montrés notre regretté et éminent collègue Bourgeois, lorsque pour la première fois, en novembre 1871, je visitais en sa compagnie le gisement de Thenay.

II

J'ai l'honneur de soumettre à l'appréciation de la section d'Anthropologie les meilleurs types que j'ai recueillis dans la fouille du Pont-de-Gallé. Ces échantillons, que j'ai placés sur des cartons, sont divisés en trois groupes, suivant la classification adoptée par notre président d'honneur, M. Gabriel de Mortillet, dans son bel ouvrage *le Musée préhistorique* (1) :

1° Les silex décortiqués,
2° — craquelés,
3° — retouchés.

Les silex décortiqués. — Les trois silex n° 12, 15 et 25 sont semblables au n° 2 du *Musée préhistorique*. M. G. de Mortillet en donne la description suivante : « *Rognon de silex, presque globuleux, décortiqué par l'étonnement au feu* » ; plusieurs spécimens, comme le n° 1 affectent cette même forme et sont recouverts d'une couche de cacholong gris assez épaisse. Certains, les n°s 3, 11, 13 et 18, présentent des cassures très accusées, concaves ou convexes, qui rappellent d'une façon exagérée le conchoïde en creux ou le conchoïde en relief que l'on obtient par la percussion, en détachant une lame d'un nucléus. Les n°s 17 et 18 formaient un seul rognon, qui s'est divisé en deux fragments, entre mes doigts, à Thenay, au moment où je le dégageais de l'argile. Doit-on attribuer ces cassures à une pression quelconque ou à l'action ignée ?

Les silex craquelés. — Ces silex sont très nombreux dans le dépôt Thenaisien, où on les trouve disséminés au milieu des autres au nombre d'environ 30 ou 40 0/0. On voit sur quelques-uns des fentes profondes souvent remplies de carbonate de chaux, par infiltration ; d'autres sont complètement craquelés, et enfin plusieurs sont en partie désagrégés et s'émiettent au moindre contact. Les n°s 11, 16 et 20 présentent de petites cavités cupuliformes très caractéristiques, causées par l'enlèvement d'éclats semi-lenticulaires.

Ces différentes phases de la brûlure ou de la craquelure doivent être attribuées à l'hydratation des silex et à l'intensité du feu.

J'ai fait, en employant autant que possible les moyens les plus simples, trois expériences relatives à l'action du feu sur le silex. Les spécimens dont je me suis servi provenaient de l'argile de Thenay ; peut-être aurais-je mieux fait de les prendre directement dans la craie.

(1) *Le Musée préhistorique*, par A. et G. de Mortillet. Paris, 1881.

1° Silex chauffé graduellement et refroidi de même.

2° Silex exposé à l'air froid (— 2°) mis au feu, où il passe au rouge blanc, puis remis subitement à l'air.

3° Silex rougi au feu et précipité dans l'eau froide.

Ces trois échantillons, qui étaient d'un noir brillant, ont été décolorés, le feu leur a laissé une teinte bistre.

Peut-on bien comparer ces silex qui viennent de passer au feu avec des échantillons brûlés durant la période miocène, et renfermés dans l'argile depuis cette lointaine époque ? Ne serions-nous pas plus près de la vérité en les rapprochant des silex brûlés extraits des foyers moustériens et solutréens, comme les nos 1 bis, 5 bis, 8, 9 et 17 bis, qui proviennent de ma caverne quaternaire de Pair-non-Pair (Gironde) ?

Les silex retouchés. — Sur les nos 6, 9 et 16 on peut voir la bosse conchoïdale plus ou moins accusée, un très petit éclat présente un plan de frappe et un conchoïde en relief bien accusés.

Les nos 15, 22 et 25 montrent des éclats faits, pour la plupart, d'un seul et même côté. Ces retouches, malgré leur régularité, ne sont pas indiscutables.

Le no 16, remarquable par sa forme subtriangulaire, présente sur sa face supérieure des éclats qui me paraissent résulter d'une taille faite intentionnellement.

III

Suivant toutes probabilités, les premiers représentants de notre antique race durent attaquer leur proie ou se défendre, soit avec un bâton, soit avec un caillou. Cette époque a été désignée, à juste titre, par M. Philippe Salmon (1) sous le nom d'*âge des instruments bruts*.

Les premiers instruments quaternaires, chelléens ou acheuléens, affectant à peu près tous la forme amygdaloïde, sont taillés, sur les deux faces, d'une façon trop régulière et trop uniforme pour que les paléoethnologues puissent voir là les débuts du travail lithique. Il était donc nécessaire de chercher ailleurs les traces de l'industrie de nos lointains ancêtres. C'est ce que fit un grand observateur, l'abbé Bourgeois, qui présenta au Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique de Paris, en 1867, une *Étude sur l'homme tertiaire et les silex travaillés*. Ces silex provenaient du même gisement que ceux qui font aujourd'hui l'objet de ma communication.

Les gros silex extraits de l'argile verte attirent surtout mon attention. Presque tous sont décortiqués et ne présentent plus, par ce fait, que quel-

(1) *L'Age des instruments bruts*, par Philippe Salmon. Paris, 1882.

ques vestiges de l'écorce altérée dont ils étaient recouverts en sortant de la craie. Sur certains nous trouvons des cassures concaves ou convexes et des arêtes tranchantes, émoussées ou retouchées. Pourquoi ne verrions-nous pas sur ces nodules les traces d'un travail intentionnel résultant de la taille par l'étonnement au feu ? Pourquoi, comme le font encore de nos jours les Mincopies des îles Andaman (1), l'homme tertiaire ne se serait-il pas servi du feu pour morceler les rognons de silex qu'il ne pouvait tenir à la main, et leur donner par ce fait des arêtes tranchantes ? Pourquoi, enfin, ne considérerions-nous pas comme déchets de ces blocs décortiqués tous les petits silex brûlés ou craquelés (sauf quelques rares exceptions) que nous avons rencontrés dans l'argile thenaisienne ?

En résumé, ces nodules décortiqués et ces silex craquelés me révèlent l'intervention d'un être intelligent qui sut allumer ou conserver le feu, qui devint, par hasard, l'instrument de la taille par étonnement. Néanmoins, il me paraît peut-être imprudent de trancher une question si importante avec ces quelques matériaux. Aussi, je crois qu'il est urgent de demander un nouveau crédit à notre riche association pour continuer les fouilles de Thenay ; car j'ai la conviction qu'un jour viendra où la question paléoethnologique sera résolue d'une façon aussi affirmative que la question géologique l'a été, à Blois, à notre dernier Congrès.

M. l'Abbé J.-M. BEROUD

A Ceyzériat (Ain).

LA GROTTE DES BALMES, PRÈS DE VILLEREVERSURE, EN REVERMONT (AIN)

— Séance du 13 août 1885 —

Cette grotte s'ouvre à la partie sud d'un petit monticule (320 mètres) faisant suite au Montiou et dernière éminence isolée d'une chaîne secondaire séparant la combe de Ramasse de la vallée du Suran.

Tout d'abord, un *puisard d'accès* de 3 à 4 mètres de profondeur et de diamètre ; puis, au flanc des parois rocheuses, un *couloir* assez étroit de 3 mètres de longueur, aboutissant à une chambre *intérieure* de 9 à 12 mètres de diamètre en tout sens et formant la grotte proprement dite.

Cette grotte n'était d'ailleurs que la partie supérieure laissée libre d'une

(1) L'Homme tertiaire, Thenay et les îles Andaman, par De Quatrefages, *Matériaux*, 1883, p. 97.

excavation énorme descendant verticalement à plus de 15 mètres de profondeur et entièrement occupée par des apports d'aspects divers.

En cet endroit, les bancs calcaires portlandiens se trouvant exploités sur une hauteur de près de 20 mètres, l'accès et l'étude des différentes formations limoneuses et caillouteuses de cette brèche considérable nous a donc été assez facile.

Toutefois, l'excavation se prolongeant beaucoup plus bas au-dessous du sol de la carrière, les dépôts inférieurs sont encore à étudier. Jusqu'ici nous avons, dans la grotte même, une série de neuf couches ou formations d'économie différente, bien dessinées et parfaitement en place, se superposant assez régulièrement les unes au-dessus des autres, et se redressant, dans le sens longitudinal, contre la paroi est, au-dessous du couloir d'accès, tandis que, vues transversalement, du sud au nord, elles affectent la forme conique. Cette allure, d'ailleurs, n'est que le résultat de celle que revêt la première formation.

Outre l'étude de la grotte, j'aurai encore à parler de deux brèches ossifères voisines et à mentionner également d'autres formations très caractéristiques et fort différentes des précédentes, intercalées au milieu des bancs calcaires soulevés, immédiatement à droite, sous le couloir et le puisard d'accès.

Ces formations à part, paraissant être plus anciennes que toutes celles connues jusque-là, il est juste qu'elles fassent les premières l'objet de notre étude.

I

Les formations dans la brèche horizontale, sous le puisard d'accès, se présentent sur une hauteur de 5 mètres et une longueur (ouest-est) de 8 à 10 mètres.

1° A la base : sables (éocènes ?) quartzeux, ocracés, nuancés en noir, brun et jaune, alternant avec faibles dépôts de limon rouge ; stériles (?). Epaisseur moyenne : 0^m,70.

2° Limon jaune compact à éléments multiples ; belles nuances rouges, brunes et blanchâtres bien fondues ; stérile. Épaisseur : 0^m,60.

3° Limon rouge ocreux quelque peu sableux, cailloux calcaires éclatés et petits graviers quartzeux. Fragments d'ossements fossiles méconnaissables ; dent d'elephas *meridionalis* (?). Épaisseur : 0^m,50.

4° Limon jaune clair granuleux mélangé d'argile blanche ; stérile. Épaisseur : 0^m,70.

5° Limon rouge brun avec cailloutis ; stérile (?). Épaisseur : 2^m,50.

Ce limon serait-il le même que celui qui forme la couche n° 1, dans la grotte ? Il semble, en effet, présenter la même constitution pétrologique et minéralogique ; cette faille, une fois comblée, les nouveaux apports extérieurs, arrivant par le puisard d'accès, auraient ainsi pénétré par le couloir, alors de niveau, jusque dans la grotte, formant la brèche quaternaire.

II

La grotte. — Avant d'entrer dans les détails, disons que l'habitat en a été physiquement impossible pendant toute la durée des temps quaternaires. Ce n'est que plus tard, à l'époque gallo-romaine (?), qu'elle a pu servir de lieu de refuge et de lieu de sépulture.

1° A la base, limon rouge brun, empâtant à toute hauteur et dans toute direction : cailloux calcaires éclatés, blocs tombés de la voûte ou charriés; stalactites nombreuses, pourries ou intactes, détachées aussi de la voûte pendant toute la durée de la formation. Partout désordre, absence complète de disposition régulière.

Ce dépôt se relève, en forme de cône, contre la paroi est, sous le couloir et semble être le résultat d'un phénomène violent et transitoire; stérile (?). Épaisseur moyenne: 3 mètres.

2° Limon argilo-calcaire arénacé, remarquable par une alternance de légères zones parallèles sableuses et d'un limon jaune pur, non décalcifié; stérile. Épaisseur: 0m,30.

3° Limon argileux d'un rouge accentué et à faibles éléments limoneux bruns, grains d'oxyde de fer; stérile. Épaisseur: 0m,30.

4° Limon argileux rouge brun et fortement noirâtre; stérile. Épaisseur: 0m,40.

Nous arrivons ainsi à la brèche ossifère proprement dite; à elle seule, elle comprend au moins 6 à 700 mètres cubes de matériaux, répartis en quatre formations distinctes.

5° Limon d'une couleur rouge ocreuse et à faibles éléments limoneux bruns, légères taches noires; grains d'oxyde de fer. D'abord pâteux et consistant, il finit par devenir quelque peu granuleux.

Débris fossiles peu nombreux et de faible volume : fragment de défense d'elephas, restes d'un bos, félins divers, canis lupus, cervus tarandus, cervus elaphus, arvicola terrestris. Épaisseur: 1 mètre.

6° Formation constituée par un limon jaune brun, parsemé de taches de rouille, rude au toucher; texture sableuse.

Débris fossiles ci-dessus; puis crâne de meles taxis, pyrrochorax alpinus (Milne-Edwards), débris cornés d'insectes hyménoptères, pelotonnés, roulés ensemble et renfermés dans deux petites alvéoles. Épaisseur: 0m,50.

7° Cette couche est principalement constituée par un limon rouge brun, quelque peu terne et grenu. Les cailloutis se montrent çà et là, au milieu de cette masse limoneuse, par tas, par poches ou par zones; ils sont toutefois déjà accumulés en grande quantité contre les parois opposées au couloir d'accès, à la base du cône de déjection; quelques blocs charriés et d'autres plus nombreux tombés de la voûte. La richesse paléontologique de cette formation est considérable et les conditions de gisement des débris fossiles sont à noter, aussi bien dans cette couche ue dans la couche supérieure n° 8.

On les trouve à toute hauteur, et dans toutes directions, mais ils sont surtout accumulés sans ordre à la base du cône de déjection, à 7, 9 et 12 mètres de profondeur, contre les parois rocheuses; ils sont même entassés dans les fissures et anfractuosités des bancs calcaires, telle était la violence avec laquelle le limon qui les empâtait était projeté dans la grotte.

Au sein même de la masse limoneuse et caillouteuse, on les rencontre le

plus ordinairement par poches, par tas, par monceaux, tous réunis pêle-mêle, triturés, broyés et même impressionnés. Ils ont évidemment participé au charriage et à la lévigation prolongée de la masse boueuse qui les renferme. Voici la liste des espèces principales :

Rhinoceros tichorinus, elephas primigenius (50 dents), ursus spelæus, hyæna spelæa, cervus tarandus, cervus elaphus, deux bos, equus fossilis, canis lupus, meles taxis, arctomys, félins divers, lepus timidus, arvicola terrestris, etc.

En outre, c'est dans cette couche, à 6 ou 7 mètres de profondeur, que j'ai trouvé trois quartzites alpins de la grosseur d'un poing et deux beaux silex taillés, du plus beau type *moustérien*. Épaisseur : 2m,50.

8° Si la richesse paléontologique de cette puissante formation s'identifie à la précédente, sa constitution minéralogique et pétrologique l'en sépare tout à fait. Elle est, en effet, constituée par un limon terne décalcifié, ayant, comme nuance, des rapports avec le lehm ; toutefois, les cailloutis, cailloux calcaires éclatés, aux angles émoussés et patinés de blanc, y prédominent presque exclusivement ; blocs énormes tombés de la voûte. Cet entassement considérable de matériaux, où il est impossible de saisir aucune régularité constante et suivie, a évidemment dû s'opérer dans un laps de temps fort court et sous l'influence d'une cause d'une violence extraordinaire, mais passagère. Epaisseur moyenne : 4m,50.

Assisterions-nous à une débâcle quelconque et toutes les formations de cette brèche énorme, dues peut-être à une même cause générale, ne seraient-elles que les témoins divers de ses phases multiples ?

La richesse paléontologique de cette couche étant aussi considérable que la précédente, et les conditions de gisement des débris fossiles étant d'ailleurs les mêmes, nous n'ajouterons rien à ce que nous en avons dit.

Signalons toutefois la présence de deux ou trois autres quartzites alpins.

9° Paléontologiquement et archéologiquement cette couche représente l'époque moderne. Elle est constituée par un terrain argileux noirâtre avec cailloutis et renferme des traces de foyer, du bois carbonisé, des fragments de poterie grossière, des débris de cuisine, quelques ornements en bronze, des objets en fer et en plomb ; deux épées : l'une brisée, en beau bronze, l'autre intacte, en fer et à un seul tranchant.

Des restes humains, 25 à 30 crânes d'homme, de femme et d'enfants ; de nombreux ossements d'animaux de la faune actuelle : bos, equus, cervus elaphus, sus, ovis aries, canis, etc. Epaisseur moyenne : 1m,50

III

Les brèches. — Ce sont deux vastes et profondes excavations ou entonnoirs aboutissant directement à la surface du sol, comblés comme par un effondrement subit par les matériaux de la surface du plateau.

La nature de ces matériaux, aussi bien que les débris fossiles assez nombreux de la faune quaternaire, les identifie aux formations 7 et 8 de la grotte.

C'est toutefois dans l'une de ces brèches et à 9 mètres de profondeur que, malgré nos dénégations, les ouvriers nous soutiennent avoir trouvé un *crâne humain fossile* du plus beau type ; mais, étant tombé en pous-

sière entre leurs mains, il est malheureusement perdu à tout jamais.

Telle est l'esquisse fort succincte de cette découverte. Les dernières fouilles achevées, nous nous proposons de l'étudier et de la décrire plus amplement ailleurs; néanmoins, par ce coup d'œil général l'on peut déjà juger de l'importance que peut prendre l'étude de ces brèches, surtout au point de vue de la chronologie préhistorique. En effet, nous y avons trouvé toute une faune quaternaire, y compris le tichorinus ; puis, associés à ces débris fossiles, plusieurs quartzites alpins et, ce qui est plus important, des silex taillés moustériens, et cela en plein territoire glaciaire.

M. le Docteur PINEAU

Au Château-d'Oleron (Charente-Inférieure).

CONTRIBUTION A LA CHRONOLOGIE NÉOLITHIQUE ET A LA GÉOGRAPHIE PRÉHISTORIQUE DU LITTORAL DE SAINTONGE

— Séance du 13 août 1885 —

Permettez-moi de vous présenter, Messieurs, ces deux cartons. Sur le premier j'ai groupé une quarantaine de silex recueillis à l'importante station néolithique d'Ors (île d'Oleron), et présentant tous des retailles qui semblent faites d'hier, et, au-dessous, des silex non retaillés, d'une patine identique aux premiers (rouge d'ocre et lisses comme de la laque), mais trouvés dans le cordon littoral de la rive droite de la Seudre, un peu en aval de Bourcefranc.

Sur le second carton, aussi des silex retaillés d'Ors, mais d'une patine différente (blanc-gris, nacrés), dont j'ai rapproché de même des silex sans retouches et de même patine de la station chellé-moustérienne de Gresillon.

Ces pièces, dont la plupart proviennent de stations distantes de quelques kilomètres seulement, d'autres (divers grattoirs) des grottes magdaléniennes du Périgord, d'autres encore (nucléi, superbe coup de poing chelléen triangulaire), plutôt du bassin du Clain ou de la Creuse, témoignent du soin que mettaient ces hommes à conserver ou à rechercher les restes des industries antérieures.

Il y avait là, sans doute, pour eux, autre chose qu'un besoin tout servi par une rencontre, mais comme une émotion, un souvenir pieux. Comment n'en aurait-il pas été ainsi, si l'on songe que ces pièces, déjà émous-

sées, cacholonnées par un long séjour à l'air, étaient généralement employées telles, car ils n'y portaient le percuteur que quand elles étaient devenues absolument inutilisables. Cependant, le même bout de plage m'a déjà livré 7 ou 8,000 grattoirs tout neufs alors et d'un bien meilleur usage.

Mais n'oublions pas notre titre.

D'abord, combien a été longue la période néolithique dans notre contrée, si l'on compare la patine à peu près nulle qui s'est faite durant les 3 ou 4,000 ans qui se sont écoulés de la retaille de ces pierres jusqu'à nous, à celle, épaisse de plus d'un millimètre, qui s'est formée entre la première taille néolithique de la Seudre (fragments de hache polie), et la retaille d'Ors ! Cependant, durant partie au moins de ce temps, ces silex ont dû être enfouis dans un sol ferrugineux, ainsi qu'en témoigne l'uniformité de leur coloration. Soustraits à l'influence de l'air pendant la plus grande partie de ces deux périodes, leurs deux patines successives sont donc chronologiquement comparables... Encore ne saura-t-on jamais si la station de la Seudre a été tout à fait l'aurore de la pierre polie et si Ors en a marqué le déclin.

***

Passons à notre second point.

Au Congrès de la Rochelle, M. Polony montra des objets néolithiques trouvés dans des sondages sous 17 mètres d'alluvions marines et parmi des débris d'anciennes plages. C'était déjà un jalon.

En voici d'autres : tout d'abord ces silex des bords de la Seudre, roulés par la mer hors de leur gisement primitif (ferrugineux), probablement affaissé sous ce bras de mer.

En outre, sur les deux points extrêmes du canton du Château-d'Oleron : plage de la pointe de Manson et baie de la Péroche, j'ai plusieurs fois trouvé des silex indiscutablement taillés (quelques grattoirs, un tranchet) et qui ne pouvaient provenir que de pans démantelés du pays ou affaissés sous la mer et dont les résidus pierreux s'en viennent peu à peu à la « laisse ».

Le dolmen d'Ors, que j'ai décrit à Blois, et les dolmens à cromlech, que j'ai signalés à Saint-Trojan (*Bull. arch. hist.*, Saintonge et Aunis, janvier 1885), ont été aussi recouverts, eux et leurs alentours, pendant une durée inconnue et, soit vers la fin de la période néolithique, soit postérieurement à celle-ci, par une couche variable d'alluvions marines qui fait bien la preuve de cet affaissement du sol qui les portait.

S'il est intéressant de suivre ces mouvements du sol depuis les temps préhistoriques, il ne l'est pas moins de voir ce que celui-ci devient actuellement. Or, nous pensons qu'il subit de nos jours un mouvement inverse.

Car, si les pertuis d'Oleron, les embouchures de la Seudre et de la Charente, Maumusson lui-même se comblent de vases et de sables, c'est qu'aux apports alluviaux doit s'ajouter l'exhaussement des fonds qui, en diminuant la masse d'eau, affaiblit d'autant la force et la durée des courants, diminue les chasses et favorise les précipitations.

Une preuve plus palpable gît dans le déchaussement — la côte et les courants demeurant les mêmes — des restes de la station d'Ors, de la gangue argileuse qui les avait recouverts. Ensevelie sans secousse sous le « bri », après un repos séculaire, voici que la vieille station, avec ses poteries et les pierres encore alignées des fours de ses potiers, revient au jour et que, d'année en année, la petite lame côtière les fait émerger et les monte avec ses galets.

Le Terme (Règlement général et notions sur les marais de l'arrondissement de Marennes, 1826, p. 294 et 295) rappelle « l'opinion singulière, mais générale dans ce pays, que la pierre, *la banche*, croît et s'élève, et ce n'est qu'après l'avoir nous-même regardée comme ridicule, que des faits incontestables nous ont forcé à la traiter moins légèrement. Sans ranger dans ces faits cette inclinaison et surplombement qui, malgré les piliers et les contreforts, fait écrouler les murs de la plupart des églises, cette foule de points de la côte où, d'après le témoignage unanime, il suffit de quelques années pour combler les excavations et remplacer les pierres qui en ont été extraites, ce moulin de l'île d'Oleron qui, dix fois repris, n'a cessé d'être renversé par le surplombement précité, nous rappellerons, comme au moins surprenant, cet exhaussement du port de la Tremblade qui, *sans un pouce de vase*, peut à peine recevoir des bâtiments de 50 tonneaux aux mêmes lieux où il en admettait de 100 à 110 il y a cinquante ans. Nous citerons surtout ces marais salants dans la commune de Dolus, dont il faut extraire tous les vingt à vingt-cinq ans une couche de pierre de plusieurs pouces d'épaisseur pour les maintenir au niveau des autres pièces. »

J'ajouterai à ces observations celle de Babinet, remarquant que les « cales de vaisseaux, établis à Rochefort du temps de Louis XIV, sont aujourd'hui à plus d'un mètre au-dessus des cales modernes et que les murs de Brouage portent encore les anneaux où s'amarraient les vaisseaux de Louis XIII quand ses fossés ne peuvent admettre aujourd'hui que de faibles barques et encore au moment de la haute mer. »

J'emprunte ce dernier document à une étude pleine de faits et d'érudition, avec cartes à l'appui, que M. Delavaud a insérée dans le *Bulletin* de la Société de géographie de Rochefort, 1er trim. 1880.

Dans ce travail, l'auteur accumule les preuves en faveur de l'affaissement, puis de l'exhaussement de notre littoral, en s'appuyant sur les témoignages de l'histoire et les observations géologiques.

Rallié à toutes ces affirmations, je viens seulement leur prêter — ce que

M. E. Maufras a déjà commencé de faire dans le *Bulletin des arch. hist.* de Saintonge et d'Aunis, du 1er avril de cette année — l'appui des quelques constatations ci-dessus, fournies par la préhistoire, et conclure:

A l'époque néolithique l'île d'Oleron et, sans doute aussi, celles d'Aïx et de Ré, étaient réunies au continent; la Seudre n'était qu'une rivière qui se prolongeait peut-être à travers Oleron par la ligne de bas-fonds de la saline de Saint-Trojan et les marais-gâts d'Avail, de la Péroche, etc..., et cette île devait s'avancer au sud-ouest jusqu'à rejoindre les falaises de la rive droite de la Gironde; le pertuis de Maumusson n'était pas creusé.

Inversement, aujourd'hui, sur quelques points du moins, les côtes se relèvent; à cet exhaussement du fond s'ajoutent les apports incessants des alluvions, qui tendent à rendre au pays l'aspect qu'il a déjà connu, et les seuls silex d'Ors, de Bourcefranc, de Saint-Trojan, de la plage de Manson et de la Péroche sont, jusqu'à présent, les meilleurs témoins de ce double et successif mouvement: ils le confirment et le datent.

M. SIRODOT

Doyen de la Faculté des Sciences de Rennes.

L'AGE DU GISEMENT DU MONT-DOL (ILLE-ET-VILAINE)

— *Séance du 14 août 1883* —

Par le grand nombre des outils en silex taillés par éclats, disséminés soit à la surface d'un sol exposé à l'air libre ou recouvert d'eau douce, soit dans des monceaux de cendres, soit enfin au milieu d'innombrables débris d'animaux parmi lesquels les éléphants figurent en première ligne, le gisement du Mont-Dol se présente avec un indiscutable intérêt. Je n'aurais pas répondu à l'attente du monde savant si, après l'avoir exploré avec la plus consciencieuse persévérance, je n'avais cherché à fixer, aussi exactement que possible, l'époque à laquelle il faut faire remonter une aussi considérable accumulation de débris d'animaux et de produits de l'industrie humaine. De grands travaux ont été poursuivis pendant deux mois pour élucider la question; ce sont les résultats généraux de ces recherches que je me propose de communiquer à la section d'Anthropologie.

L'âge relatif d'un gisement ne peut être déterminé que par deux sortes d'arguments : les uns paléontologiques, les autres stratigraphiques. Paléon-

tologiquement — c'est-à-dire par la présence des espèces animales — le gisement est de l'époque du Mammouth; je ne crois pas qu'en aucune région du globe on ait jamais trouvé les débris d'un aussi grand nombre d'individus de l'espèce (plus de 80), réunis sur un espace de 1,200 à 1,400 mètres carrés. Mais combien a duré cette période du Mammouth? Quels phénomènes en ont marqué le commencement et la fin? A quel temps de cette période faut-il rapporter le gisement du Mont-Dol? Ces questions ne pouvaient être résolues que par des données géologiques. Il convenait plus particulièrement de déterminer la position du gisement par rapport aux couches de formation récente du marais de Dol, de rechercher s'il était possible de mettre à découvert la limite de séparation du terrain quaternaire et des terrains récents.

Le gisement est compris dans une couche de sable argileux dont la couleur vert-jaunâtre passe au gris, par le mélange d'une plus forte proportion de sable à mesure qu'on se rapproche de la masse rocheuse du monticule.

Cette couche de sable argileux se présente sous la forme d'un talus adossé aux escarpements granitiques qui limitent une petite anse se prolongeant du côté du sud-est. Son épaisseur, de 7 à 8 mètres au pied des escarpements, s'atténue progressivement et la couche disparaît à une distance de 70 à 80 mètres.

Cette couche, ainsi limitée, repose sur un sable grossier, à composition irrégulière, provenant de l'érosion des roches voisines (granite et schistes) et remplissant une petite cuvette creusée dans un schiste micacé azoïque de couleur bleuâtre. La surface de ce sable est sensiblement horizontale, et cette disposition accuse l'existence d'un petit étang alimenté par l'eau d'une source qui se voit encore au sommet du Mont-Dol. J'ai pu reconnaître la direction dans laquelle arrivait le courant. La couche est recouverte d'un sable ocracé, marbré de taches d'argile bleuâtre provenant de la décomposition du schiste, formant la partie inférieure d'un conglomérat granitique dont les blocs de peu d'épaisseur, relativement à leur étendue, reposent régulièrement sur leur grande face.

Or, le sable ocracé et le conglomérat granitique qui le surmonte ne recouvrent pas seulement le sédiment jaune-verdâtre, il s'étend bien au delà sur le flanc du monticule, reposant immédiatement sur le schiste. Cette formation a été suivie aussi loin que le permettait l'extrême mobilité des tangues qui composent le fond des terrains récents du marais.

L'origine du sédiment jaune-verdâtre ne s'accuse pas nettement; la présence d'un grand nombre de *Pupa*, mollusques terrestres, et de quelques Lymnées, mollusques d'eau douce, pouvait induire en erreur, faire songer une boue glaciaire; mais au fond d'un puits creusé dans la direction du *thalweg*, il s'est trouvé un grand nombre de coquilles marines bien conser-

vées au milieu de fragments de ces mêmes coquilles. Le sable environnant, lavé, fournit un certain nombre de foraminifères et depuis, la présence de ces animaux marins a été constatée dans toute l'étendue de la couche en forme de talus. Elle est donc d'origine marine et comprise entre deux formations d'eau douce, le sable inférieur et le sable ocracé supérieur.

Lorsqu'on a lavé deux fragments pris dans le sédiment jaune-verdâtre et la couche ocracée qui le surmonte pour en enlever les matières argileuses, il reste du sable pur; mais tandis que celui qui provient de la couche jaune-verdâtre offre des grains arrondis et par conséquent roulés, les grains de la couche ocracée représentent tous les éléments du granite et ceux de quartz ont leurs angles aussi vifs que s'il s'agissait de fragments de verre récemment cassé. La couche ocracée provient donc de l'érosion des granites et le conglomérat qui s'étend au loin sur les flancs ne s'explique que comme formation glaciaire, les blocs de granite ayant glissé aux flancs du monticule sur un plan incliné de glace ou de neige durcie.

Le gisement est compris dans le sédiment marin jaune-verdâtre; mais il n'y est pas irrégulièrement distribué. Les débris d'animaux et les objets de l'industrie humaine sont plus particulièrement accumulés suivant trois niveaux, entre des blocs de granite accusant trois éboulements successifs des escarpements qui limitaient une petite anse. Les débris d'animaux, les objets d'industrie humaine sont tombés avec les blocs de rochers, ils étaient donc accumulés dans leurs anfractuosités.

A la limite ouest du gisement, entre d'énormes blocs dont un certain nombre ont été réduits par des coups de mine, il s'est trouvé une grande quantité de cendres renfermant des os brûlés, des silex taillés et surtout des éclats plus ou moins tranchants obtenus par percussion. On peut évaluer, sans exagération, à 8 mètres cubes la masse des cendres déplacées pendant l'exploration. Ces cendres représentent des foyers établis eux-mêmes dans les escarpements.

A la surface du sable d'eau formant la limite inférieure du gisement, il a été recueilli un nombre considérable de fragments de silex — environ 140 par mètre carré — parmi lesquels se trouvaient de petits os, et surtout des fragments d'os brûlés. L'accumulation des débris et des objets de l'industrie humaine est donc antérieure au dépôt de sédiment marin dans lequel ils ont été ensevelis à la suite d'éboulements.

Ces considérations permettent de reconstituer cet antique paysage: — Une famille humaine, établie sur le versant sud du Mont-Dol, à l'abri d'escarpements granitiques limitant un petit bassin d'eau douce, vivant des produits de chasses dont le mammouth et le rhinocéros à narines cloisonnées étaient le gibier favori. Beaucoup de débris et de fragments de silex ont été jetés à l'eau, et tous ceux qu'on retrouve sur le sable qui forme la limite inférieure du gisement. A en juger par l'immense quantité de

cendres et de débris d'animaux, cette famille a vécu longtemps sur un monticule où elle pouvait facilement se défendre jusqu'à ce qu'elle en ait été chassée par un brusque envahissement de la mer : le flot venant battre les escarpements qui s'écroulent avec les débris accumulés dans leurs anfractuosités.

La couche de sable ocracé et le conglomérat granitique supérieur ont une importance capitale au point de vue de la détermination de l'âge relatif du sédiment marin jaune-verdâtre, parce qu'après avoir recouvert ce dernier, au pied des escarpements granitiques, il s'étend plus bas d'une façon continue en conservant exactement les mêmes caractères physiques, pétrographiques et stratigraphiques. Le fait est rigoureusement établi par *huit puits*, de deux à quatre mètres de diamètre, qui ont été creusés sur le flanc de la colline et dans le marais de formation récente : quatre dans la direction du nord au sud et quatre dans la direction du *thalweg*.

Par l'absence de toute espèce de fossiles en dehors de quelques ossements de petits rongeurs, par la disposition des blocs granitiques, le conglomérat est une formation glaciaire résultant du glissement des sables et des assises superficielles de granite sur la glace ou la neige durcie. On peut ajouter que, par sa position *superficielle*, cette formation correspond au dernier minimum de la période glaciaire.

Le sédiment marin dans lequel est compris le gisement est antérieur, puisqu'il est situé au-dessous du conglomérat. L'époque de sa formation peut être précisée davantage par ce fait que ce sédiment est aujourd'hui relevé de 14 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer, et qu'on est naturellement conduit à penser que ce relèvement est contemporain du mouvement du sol, qui, pendant la période quaternaire, a soulevé certaines régions du nord de l'Europe et particulièrement les côtes de la mer Baltique.

Alors l'accumulation des débris d'animaux et d'objets de l'industrie humaine dans les escarpements granitiques du versant sud du Mont-Dol serait antérieure au soulèvement qui s'est produit avant le dernier minimum de température de la période glaciaire.

A l'étude du gisement du Mont-Dol se rattache nécessairement celle de la formation de la vaste étendue de terrains que l'on désigne sous le nom de *marais de Dol*, dont les limites extrêmes dans la direction de l'ouest à l'est sont : Châteauneuf, sur la rive droite de la Rance, et Pontorson, sur la rive droite du Couesnon. La constitution de ces terrains récents se fait remarquer par des couches alternatives de sédiments marins et de tourbe, qui toutes viennent se terminer en biseau sur le conglomérat granitique glaciaire des flancs du Mont-Dol.

Comme la tourbe est une formation d'eau douce, il faut en conclure que la baie du Mont-Saint-Michel a été, à des intervalles de temps plus ou

moins éloignés, plusieurs fois ouverte et fermée à la mer. Les études poursuivies, pendant un grand nombre d'années, pour rendre compte du phénomène, ne me permettent pas de m'arrêter à l'idée de mouvements alternatifs d'exhaussement et d'affaissement. Les choses s'expliquent beaucoup plus facilement en admettant l'existence d'un cordon littoral qui aurait barré la baie du Mont-Saint-Michel en suivant la direction des îles de la Manche.

Admettant l'hypothèse, j'ai dû remarquer que la première couche des terrains récents reposant sur le conglomérat glaciaire est un sédiment d'eau douce. La baie du Mont-Saint-Michel est donc séparée de la mer à la fin de la période glaciaire et le cordon littoral aurait pu être la conséquence de l'accumulation de matériaux transportés par les banquises qui devaient obstruer la Manche. Que ce cordon soit rompu, la mer envahit la baie. Qu'il se rétablisse, l'eau se dessale peu à peu et la formation de la tourbe est possible. Des observations faites sur différents points des côtes de Bretagne démontrent la possibilité des alternatives de rupture et de rétablissement des cordons de galets. Pourquoi ces alternatives ne pourraient-elles se réaliser pour un cordon littoral ?

M. Ernest CHANTRE

Sous-Directeur du Muséum de Lyon.

LE DAUPHINÉ PRÉHISTORIQUE

La région alpine du Dauphiné ne montre aucune trace de l'existence de l'homme durant la première partie des temps quaternaires. L'immense nappe de glace qui s'étendit alors depuis les Alpes jusqu'aux collines lyonnaises, recouvrant la plus grande partie des contrées baignées par le Rhône supérieur et moyen, n'a pas permis à nos ancêtres dits *chelléens* d'y vivre et de s'y développer.

En dehors de la zone glaciaire, dans le bas Dauphiné, par exemple, on devra trouver, au contraire, les vestiges de cette phase de l'industrie humaine. Le département de la Drôme a fourni quatre découvertes à l'appui de cette manière de voir. La plus importante est celle de Curson, tout récemment faite et déjà signalée à l'Association. Elle se compose de quartzites intentionnellement taillées, associées à des ossements d'*elephas*

intermedius. Puis vient celle de Suze-la-Rousse, une pièce chelléenne en silex, de la plus belle facture, trouvée isolément et conservée dans la collection de M. Vaschalde, instituteur à Clansayes. Dans cette dernière localité, ainsi qu'à Saint-Paul-Trois-Châteaux, on a relevé l'existence d'objets que leur forme permet d'attribuer à l'époque moustérienne, si développée dans les départements tout voisins de l'Ardèche et de Vaucluse.

A mesure que les glaciers se retiraient et se restreignaient peu à peu aux limites que nous leur voyons occuper aujourd'hui, la région delphino-savoisienne devenait de plus en plus habitable et les descendants des hommes de Curson et de Solutré s'établissaient dans les grottes de Béthenas, près Crémieu (Isère) et de la Balme, sur les bords du Rhône, où les traces de leur séjour ont été recueillies dès 1864 (1).

Ces paisibles chasseurs de rennes ont disparu avec la faune quaternaire et des populations nouvelles les ont remplacés peu à peu. L'art de polir la pierre, l'usage de se construire des habitations sur les lacs, la sépulture enfin apparaissent avec elles. Des deux modes d'inhumation usités à cette époque — âge néolithique — celle dans les dolmens n'a pas laissé de traces qui aient résisté à la destruction; celle dans les grottes a été retrouvée, au contraire, sur un grand nombre de points. La principale grotte sépulcrale du Dauphiné est celle de la Buisse (2), qui a fourni, entre autres objets remarquables, une rondelle taillée dans un crâne humain attestant l'existence dans cette province française de la trépanation, si répandue à l'époque de la pierre polie. La grotte de la Buisse a fourni, de plus, une magnifique amulette en forme de croissant, en jadéite. Les grottes de Béthenas inférieur, de Creys, ont donné également de beaux mobiliers funéraires néolithiques. Peut-être faudra-t-il ajouter à cette énumération la station des Balmes de Fontaines, près Grenoble, bien que son explorateur, M. Penet, ne lui attribue pas une origine sépulcrale (3).

En dehors des sépultures, l'époque robenhausienne a laissé de nombreux souvenirs dans l'Isère, mais ils sont généralement très disséminés. Il existe, à la Balme, de très intéressants fonds de cabanes. Les haches polies en roche dure ont été trouvées, en assez grand nombre, dans neuf communes de l'arrondissement de la Tour-du-Pin, dans cinq communes de l'arrondissement de Vienne, dans cinq de l'arrondissement de Grenoble, et dans une seule de l'arrondissement de Saint-Marcellin. Les autres départements du Dauphiné, la Drôme notamment, n'ont pas fourni moins de restes néolithiques que l'Isère. Les grottes sépulcrales de Clansayes de Châteauneuf, décrites par Vallentin, les stations de Chantemerle, de Charolles,

(1) ERNEST CHANTRE. *Études paléoethnologiques, ou Recherches géologico-archéologiques sur l'industrie et les mœurs de l'homme des temps antéhistoriques dans le nord du Dauphiné et les environs de Lyon*. In-4° de 132 pages, avec 14 planches. Pages 14 à 33.

(2) ERNEST CHANTRE, *loc. cit.*

(3) *Matériaux*, 3° série, t. Ier, 1884, p. 406.

de Châteauneuf, d'Espeluche, de Pierrelatte, de Dieu-le-Fît, de Suze-la-Rousse, de Saint-Paul-Trois-Châteaux, de Clansayes, et tant d'autres témoignent de l'activité des populations qui habitaient la Drôme à cette lointaine époque. Ces très nombreuses découvertes témoignent surtout de l'activité des recherches faites dans ce département. Il ne faudrait pas croire, en effet, comme on en serait tenté en considérant la carte jointe à ce mémoire, que la densité relative des vestiges d'une époque dans une région donnée soit toujours en raison directe de la densité de la population humaine de cette région à la même époque. Cette relation, qui paraît naturelle au premier abord, est profondément modifiée par un très grand nombre de facteurs dont les principaux sont : le développement des cultures, l'altérabilité diverse des matériaux qui composent ces vestiges suivant les époques et surtout le nombre plus ou moins grand des travaux d'exploration. Les Hautes-Alpes, moins peuplées, moins explorées aussi que la Drôme, ont les stations néolithiques de Châteauneuf de Châbre, Montrond, Saint-Jean-Saint-Nicolas, décrites par Tournier, les dolmens de Tallard et de Saint-Jean-Saint-Nicolas, aujourd'hui détruits, comme les menhirs de Guillestre et de Château-Queyras.

Le premier métal introduit dans le Dauphiné est, comme dans toute l'Europe, le bronze. Nous disons introduit, car il ne paraît pas que, dans le Dauphiné plus qu'ailleurs, les populations néolithiques soient arrivées spontanément à la connaissance des métaux. Il est vraisemblable que la vallée du Rhône fut la première voie d'introduction du bronze. C'est du moins près des rives de ce fleuve que l'on rencontre les découvertes offrant dans leur ensemble l'aspect le plus primitif. Telles sont les fonderies de Chasse et de Ternay (1). De proche en proche, l'usage du nouvel alliage se répandit. La fonderie de la Poype-Vaugris, non loin de Vienne, celles de Thodure et de Saint-Siméon de Bressieux, dans la vallée de la Collières, celle de Goncelin enfin, dans la vallée moyenne de l'Isère, en amont de Grenoble, présentent des caractères qui permettent de leur attribuer une date plus récente. Les très importantes cachettes de marchand de Réallon et de Ribiers, dans les Hautes-Alpes, nous révèlent de leur côté un nouveau courant d'importation auquel on peut assigner, sans grand risque d'erreur, l'Italie pour point de départ. Outre ces découvertes considérables, un grand nombre d'une moindre importance ont été faites en Dauphiné. Les vallées de l'Isère et du Rhône, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la carte paléoethnologique du Dauphiné, sont particulièrement favorisées sous ce rapport. On peut citer néanmoins, en dehors de ces grandes voies, les trouvailles isolées de Die, de Beaurières, de la Charce, etc., dans la Drôme, celle du Lautaret, à 2,000 mètres d'altitude,

(1) Ernest Chantre. *Études paléoethnologiques dans le bassin du Rhône. Age du bronze.* 3 vol. in-4°. Paris, Baudry, 1876. Voy. t. II et III.

celles enfin de Saint-Jean-Saint-Nicolas et de la vallée de l'Ubaye (Hautes et Basses-Alpes) (1).

Les différentes périodes de l'âge du fer sont aussi représentées d'une manière assez complète dans le Dauphiné. A l'époque dite *hallstattienne*, qui comprend toute la transition du bronze au fer, appartiennent de très nombreuses sépultures situées toutes dans la région des Alpes et que l'on peut diviser en quatre groupes principaux (2) :

1° Groupe de la vallée de l'Ubaye ou de Barcelonnette (Basses-Alpes).

2° Groupe de la vallée de la Durance et le Queyras (Hautes-Alpes).

3° Groupe de la vallée du Drac ou de l'Oisans (Isère).

4° Groupe de la Maurienne ou de la Tarentaise (Savoie).

De ces groupes, deux seulement, le second et le troisième, appartiennent au Dauphiné. Le groupe de la Durance est fort riche en sépultures. Notons celles de Savines, d'Aigoire et de Pontis, arrondissement d'Embrun, et, dans la commune de Guillestre, la magnifique nécropole de Peyre-Haute. Le Queyras, qui, malheureusement, ne figure pas sur notre carte, a donné aussi de remarquables découvertes. A Saint-Véran (2,009 mètres d'altitude), à Ristolas, à Arvieux et à Château-Queyras, ont été trouvées des sépultures analogues par leur mobilier à celles de Savines et de Guillestre. Non loin de cette dernière commune, celles de Risoul, de Châteauroux et de Vars ont fourni également des sépultures du premier âge du fer. Le groupe de l'Oisans, beaucoup moins exploré, compte quatre localités ayant fourni des mobiliers funéraires de quelque importance. Ce sont : le col d'Ornon ; le Mont-de-Lans ; Venosc et la Motte d'Aveillans, auxquelles il faut ajouter le Bourg-d'Oisans lui-même. Ornon et Venosc ont donné plusieurs sépultures rapprochées les unes des autres et tout fait pressentir l'existence, sur ces points, de nécropoles peut-être considérables (3).

L'âge du fer proprement dit est représenté en Dauphiné par deux trouvailles faites dans le département de l'Isère et dont on doit la relation au Dr Charvet, de Grenoble : ce sont les sépultures de Rives et de Rochefort, ces dernières mises à jour par les travaux de canalisation destinés à alimenter le chef-lieu.

On peut rattacher aussi à l'âge du fer, mais sans aucune preuve décisive, la grande ligne des tumulus du Dauphiné septentrional ; la plupart de ces tertres sont à fouiller ou l'ont été d'une façon déplorable ; d'autres, et il est permis de les croire fort nombreux, ont disparu par suite du défrichement des terres.

(1) Consulter, pour cette région, B. Tournier, *Essai d'un inventaire d'archéologie préhistorique du département des Hautes-Alpes (Matériaux*, 1878).

(2) Ernest Chantre. *Recherches paléoethnologiques dans le bassin du Rhône. Age du fer.* In-4°. Lyon, Georg, 1879.

(3) Ernest Chantre. *Les Nécropoles du premier âge du fer dans les Alpes françaises.* Association française. Congrès du Havre, 1877.

Enfin, et pour compléter notre inventaire, il nous reste à signaler un exemple bien curieux de survivance que nous offre le département de l'Isère. Le lac de Paladru, près Virieu, a conservé des restes de constructions sur pilotis que de nombreuses découvertes permettent d'attribuer à l'époque de Charlemagne. On est ainsi en présence d'un usage qui, apparu dans notre Occident avec l'âge de la pierre polie, s'est maintenu jusqu'à une époque relativement récente. Peut-être des fouilles plus profondes nous révèleront-elles, un jour, une station néolithique sur l'emplacement même ou aux environs de cette cité lacustre du moyen âge.

Les tableaux suivants donnent la statistique des découvertes paléoethnologiques faites dans les trois départements du Dauphiné : Isère, Drôme et Hautes-Alpes. Ces tableaux sont extraits, ainsi que la carte qui les accompagne, d'un ouvrage en préparation : *la France préhistorique par départements*, dont l'apparition est retardée par d'autres travaux et surtout par le désir d'être complet dans toute la mesure du possible.

LÉGENDE INTERNATIONALE DES CARTES PALÉOETHNOLOGIQUES.

SIGNES :

Caverne, grotte, souterrain, abri naturels.

Plusieurs grottes ou abris naturels.

Plusieurs grottes ou abris naturels faux.

Grotte, souterrain creusés de main d'homme.

Grotte naturelle sépulcrale.

Grotte naturelle fouillée ayant révélé une sépulture à inhumation.

Menhir véritable ou pierre dressée.

Pierre à écuelles ou à bassins.

Faux menhir.

Menhir dégradé.

Menhir détruit.

Faux menhir détruit.

Dolmen, allée couverte.

Dolmen détruit.

Faux dolmen.

Tumulus.

Plusieurs tumulus.

Faux tumulus.

Plusieurs faux tumulus.

Tumulus détruit.

Tumulus fouillé et détruit.

Sépulture.

Fausse sépulture.

Plusieurs sépultures.

Très grand nombre de sépultures.

Sépulture par inhumation.

Plusieurs sépultures à inhumation.

Cimetière par inhumation.

Camp, enceinte, oppidum.

Faux oppidum.

Découverte d'objet isolé.

Plusieurs objets isolés.

Cinq découvertes d'objets isolés.

Découverte d'objets réunis.

Atelier, fonderie.

Station.

COULEURS :

Jaune brun........ âge de la pierre paléolithique.
Vert............... âge de la pierre néolithique.
Rouge............. âge du bronze.
Bleu............... âge du fer.

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE DE LA PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Annoisin-et-Chatelans.	Larina.	Crémieu.	La Tour-du-Pin.				⌓	
d°		d°	d°				☗	
Aoste.		Pont-de-Beauvoisin.	La Tour-du-Pin.			△		E. Chantre : *Age du bronze*, *Statistique*, Lyon, 1877. (Musée d'Aoste).
d°		d°	d°		△+			Renseign. de M. L. Revon. (Musée d'Aoste).
Balme (La).	Hameau de Marignieu.	Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°	Dans les environs.	d°	d°			△ 3		d°
d°	La Louvaresse.	d°	d°		◡+ ✡	◡ ✡		d°
d°	Grotte de la Balme.	d°	d°	☗				*Matériaux pour l'hist. de l'Homme*, 12e année, 2e série, t. VII, 1876, 3e livr. — E. Chantre, *Etudes paléoeth.*, Age de la pierre, p. 14.
d°	3 menhirs détruits	d°	d°		Ⲁ 3			
Bandille (St-).		d°	La Tour-du-Pin.			◡		E. Chantre. *Age du bronze*, *Statistique*, Lyon, 1877.
d°	Grotte de Brotelle	d°	d°	♜				*Matériaux*, 12e année, 2e Série, t. VII, 1876, 3e liv. — Dr Lartet et Chantre, *Études paléont. dans le bassin du Rhône*.
Beaurepaire.		Beaurepaire	Vienne.		△			*Matériaux*, 1867, p. 490. — (Coll. Bertin, à Beaurepaire).
d°		Bourg-d'Oisans.	Grenoble.				♔	*Diction. des Gaules* : Sur le territ. même de Bourg-d'Oisans, il ne se trouve pas de cimetière.
Bourgoin.		Bourgoin.	La Tour-du-Pin.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Buisse.	En 1841, lors des travaux de rectification de la route de Grenoble à Voiron.	Voiron.	Grenoble.		☗			(Musée arch. de Grenoble, coll. Faure et Galbert). — De Mortillet, *Diction. des Gaules*.
d°	Grotte de la Buisse	d°	d°		♜			
d°	Grotte des Balmes de Voreppe.	d°	d°	☗				*Matériaux*, 12e année, 2e série. t. VII, 1876, 3e livr.
Cessieu.		La Tour-du-Pin.	La Tour-du-Pin.			◡		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Chaponnay.	Dans les hameaux de la commune.	St-Symphorien.	Vienne.		△ 20			(Coll. E. Chantre et chez divers cultivateurs). — E. Chantre, *Dict. des Gaules.*
d°	A Lassieu ou Flassieu.	d°	d°		✡			
Chareste.		Morestel.	La Tour-du-Pin.		△			(Coll. Diot, à Bourgoin) — E. Chantre, *Dict. des Gaules.*
Chasse.	En 1873.	Vienne.	Vienne.			♦		(Musée arch. de Vienne). — E. Chantre, *Age du bronze,* etc. Voir Ternay.
Chef (Saint).		Bourgoin.	La Tour-du-Pin.			△		d°
Chorance.		Pont-en-Royans.	St-Marcellin		△			(Coll. E. Chantre). — E. Chantre, *Etudes paléoeth.*, p. 69.
Claix.	Près Pont-de-Claix au hameau de Rochefort.	Vif.	Grenoble.				◡+	Dr Charvet. Société d'anthropologie de Lyon, 1884, fasc. 2, p. 189.
Cognin.	Grotte de Nan.	Vinay.	St-Marcellin			∩		E. Chantre, *Age du bronze,* etc.
Côte-Saint-André (La).		La Côte-St-André.	Vienne.		△			A. Faure, *Dict. des Gaules.*
Courtenay.		Morestel.	La Tour-du-Pin.			◡		E. Chantre, *Age du bronze,* etc.
Crémieu.		Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△		d° (Musée arch. de Lyon).
d°	Aux environs.	d°	d°		△+			(Coll. E. Chantre et Musée de Crémieu).
d°	Caverne de Béthenas supérieur.	d°	d°	▲	△			(Coll. E. Chantre et Mus. arch. de Lyon.) — E. Chantre, *Etudes paléoethn., Age de la pierre,* p. 35. — *Matériaux,* 12e année, 2e série, t. VII, 1876, 3e livr.
d°	Caverne de Béthenas inférieur.	d°	d°		⧗			Fouilles de M. E. Chantre. — *Matériaux,* 12e année, 2e série. t. VII, 1876, 3e livr.
Creys-et-Pusignieu.	Grotte de Creys ou des Cresses.	Morestel.	La Tour-du-Pin.		⧗			Fouilles de M. Jocelin Costa de Beauregard. — E. Chantre, *Dict. des Gaules.* — E. Chantre, *Etudes paléoeth., Age de la pierre,* p. 40. — *Matériaux,* 12e an., 2e série, t. VII, 1876, 3e livr.
Decines-Charpieu.		Meyzieux.	Vienne.			◈		E. Chantre, *Age du bronze,* etc.

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Decines-Charpieu.	La Pierre-Fitte.	Meyzieux.	Vienne.		Ⱥ			Mermet, *Rapport sur les monum. de l'arrt de Vienne*, p. 3.— *Dict. des Gaules*.
Fontaine.	Près du village, à mi-hauteur des Balmes de ce nom.	Sassenage.	Grenoble.		◡+			(Muséum de Grenoble). — L. Penet, *Matériaux*, 2e série, t. Ier, 1884, p. 406.
Genas.	Découvertes en 1866.	Meyzieux.	Vienne.				⌓	E. Chantre : D. G.
Goncelin	Le 14 juin 1827.	Goncelin.	Grenoble.			◆		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Grenoble.		Grenoble.	Grenoble.			△		d°
Hilaire-de-Brens (Saint-).		Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△		d°
Jallien.	Lors de la construction d'une fabrique de sucre en 1849.	Bourgoin.	La Tour-du-Pin.			△		*Dict. des Gaules*. E. Chantre, Age du bronze.
Leyrieu.	Dans la tourbe, en 1863.	Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°		d°	d°				⌓*	E. C.
Luzinay.		Vienne.	Vienne.		✡			
Marie d'Alloix (Ste-).		Touvet.	Grenoble.			△		d°
Maubec.		La Verpillière.	Vienne.		△+			Rens. Ph. Salmon, 1881.—*Matériaux*, 1867, p. 489.
Mont-de-Lans.		Bourg-d'Oisans.	Grenoble.				♕	Lecoq, *Matériaux*, 10e année, p. 325.
Morestel.		Morestel.	La Tour-du-Pin.		△+	△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc. — Rens. Ph. Salmon, 1881.
Motte-d'Aveillans (La).		La Mure.	Grenoble.				◡+	
Ornon.	Hameau de Palus vers 1858.	Bourg-d'Oisans.	Grenoble.				♕	M. A. Macé, *Rev. arch.*, 1858, p. 502. — Lecoq, *Matériaux*. 10e année, p. 325. —(Coll. Vallier, à Grenoble). — (Musée de St-Germain, de Grenoble, d'Annecy, de Gap, etc.)
Parmilieu.		Crémieu.	La Tour-du-Pin.			◡		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Passins.		Morestel.	La Tour-du-Pin.		△			
Paul d'Izeaux (St-).	La Pierre-Pucelle	Tullins.	St-Marcellin		Ⱥ			
Pierre-de-Chandieu (St-).		Heyrieux.	Vienne.		✡			

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Pierre-de-Chandieu (St-).		Heyrieu.	Vienne.		△			(Coll. Evans). J. Evans, *Age de la pierre*, 1878. p. 121.
Pontcharra.		Goncelin.	Grenoble.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Reventin-et-Vaugris.	A Vaugris, hameau de la Poype.	Vienne.	Vienne.					Voir Vaugris.
Sermérieu.		Morestel.	La Tour-du-Pin.		△+			Rens. Ph. Salmon. 1881. *Matériaux*, 1867, p. 489.
Siméon-de-Bressieu (St-).		St-Étienne de St-Geoirs.	St-Marcellin			◆		d°
Rives.		Rives.	Grenoble.				[symbole]	(Coll. Charvet). Dr Charvet, *Soc. anthr.*, Lyon. T. Ier, fasc. II, 1882, p. 289.
Soleymieux.		Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Susville.	Vers 1872.	Lamure.	Grenoble.		△ 2			Rens. de M. Chaper.
Ternay.	En janvier 1875.	St-Symphorien d'Ozon.	Vienne.			◆		(Muséum de Lyon, Mus. de St-Germain). E. Chantre, d°(V. *Chasse*).
Thodure.	Il y a 15 ou 20 ans	Roybon.	St-Marcellin			◆		E. Chantre, d°. (Coll. Bertin, à Beaurepaire).
Tignieu-Jameyzieu.		Crémieu.	La Tour-du-Pin.		△+			Rens. Ph. Salmon. 1881. *Matériaux*, 1867, p. 489.
Tourdan.		Beaurepaire	Vienne.			△		E. Chantre, d°.
Toussieux.	Dans le lehm en mars 1868.	Heyrieux.	Vienne.	△ ou ◡				Dr Lartet et Chantre, *Etudes paléontol. dans le bassin du Rhône*.
Trept.	Dans une tourbière.	Crémieu.	La Tour-du-Pin.			△ ✡		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°		d°	d°		△+			Rens. Ph. Salmon, 1881. *Matériaux*. 1867, p. 489.
Vaugris.	Hameau de la Poype.	Vienne.	Vienne.			◆		(Coll. E. Chantre), d°.
Venosc.	En 1860.	Bourg-d'Oisans.	Grenoble.				♔	*Revue arch.* 1868. p. 625. Champollion-Figeac, *Cim. Gaulois*. 1861, p. 18, pl. I. *Matériaux*, 10e année, p. 325.
Vienne.	?	Vienne.	Vienne.			△+ ✡		(Coll. Coste de Beauregard). E. Chantre, *Age du bronze*, etc. (J. Gréau Greenwel et John Evans).

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES: AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Vienne.	Hameau de Courdant.	Vienne.	Vienne.			△[2]		(Musée d'Avignon et de Lyon).
d°	Brèche silex.	d°	d°	△	✡			(Musée de Vienne).
d°	Fouilles faites en 1875.	d°	d°		△			Leblaut, *Journal des Débats*, 20 juin 1875.
d°	Près du lieu appelé Charlemagne.	d°	d°			◊		(Musée de Lyon). Commarmond, p. 238, n° 274.
								Voir p. 594.
?	Vallée de l'Isère.	?	?			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
?	Montignac.	?	?	✡				A. Fermond, *Matériaux*, 9e année, p. 6.
	Au Lautaret, à l'altitude de 2000m, lame de poignard en bronze et deux rivets.					△		(Collection Gastaldi, à Turin). Rens. de M. G. de Mortillet.

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	Paléolit.	Néolith.	Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Aleyrac.		Dieu-le-Fit.	Montélimar		△			(Collect. Vallentin, à Montélimar). Florian Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze dans l'arrondiss. de Montélimar*.
Allan.		Montélimar	Montélimar		△+			(Collect. Vallentin et Coston, à Montélimar). Florian Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Ancône.	Vers l'Homme-d'Armes.	Montélimar	Montélimar		△+			d°
Anneyron.		St-Vallier.	Valence.		△			(Collect. E. Chantre). E. Chantre, *Etude paléoethn. Age de pierre*, p. 287.
Bâtie-Rolland (La).		Marsanne.	Montélimar			△		(Coll. Vallentin). E. Chantre, *Age du bronze, Statistique*. Lyon, 1877.
d°		d°	d°		△+			(Collect. Vallentin). Florian Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Baume-de-Transit (La)		St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar		△			(Collect. Vallentin et Ludovic Lombard). Florian Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*.
d°		d°	d°		△			Lacroix, *l'Arrondissement de Montélimar*, t. I, p. 240.

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Beaurières.	Au col de Cabre, près le hameau des Bezli-guons, en 1812.	Luc-en-Diois.	Die.			◊		(Coll. Lamotte, Feli-ries à Die). Ernest Chan-tre, *Age du bronze*, etc.
Beconne.		Dieu-le-Fit.	Montélimar		Δ			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Beauvoisin.		Buis.	Nyons.				Δ+	*Dict. des Gaules.*
Bonlieu.		Marsanne.	Montélimar		Δ+			F. Vallentin, d°, etc. (Coll. Vallentin).
Bouchet.		St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar		Δ+			d°
Bourdeaux.		Bourdeaux.	Die.		Δ			*Matériaux*, t. IV.
Chamaret.		Grignan.	Montélimar		Δ+			(Coll. abbé Isnard). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze dans l'arrond. de Mon-télimar.*
Chanos - Cur-son.	Curson.	Tain.	Valence.	✡				(Muséum de Lyon). E. Chantre, Association franç. Congrès de Gre-noble, Compte rendu. *Matériaux*, 1883, p. 397.
Chantemerle.	?	Grignan.	Montélimar		Δ+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
d°	Quartier des Bla-ches.	d°	d°		⩚			Lacroix, *l'Arrond. de Montélimar*, p. 390.
Charce (La).		Remuzat.	Nyons.			Δ		(Musée d'Avignon).
Charols.		Marsanne.	Montélimar		Δ+			(Coll. Vallentin). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Châteauneuf-de-Mazenc.		Dieu-le-Fit.	Montélimar			Δ		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°		d°	d°		Δ+	Δ+		(Coll. Vallentin). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Châteauneuf-du-Rhône.	?	Montélimar	Montélimar		Δ+			d°
d°	Sur un plateau du Robinet dominant le Rhône : camp romain.	d°	d°		⊏			d° Inexploré.
d°	?	d°	d°		∩+			d° Non fouillé.
Clansayes.	?	St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar	✡				(Coll. baron de Ser... Ludovic Lombard ... Vallentin). F. Vallen... *les Ages de pierre et ... bronze*, etc.

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Néolith.	ÉPOQUES — AGE DES MÉTAUX — Bronze	ÉPOQUES — AGE DES MÉTAUX — Fer	OBSERVATIONS
Clansayes.	Quartier de Rouvergne.	St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar		◆			(Coll. de Serres, Lombard, Vallentin et Devès). *Mém. de la Soc. de statist. et d'archéol. de la Drôme.* — F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
d°	?	d°	d°		◇			(Coll. Vallentin et de Paayn). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
d°	?	d°	d°			△+		F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
d°	Au centre du quartier de Rouvergue.	d°	d°			⌓		d° Non fouillés.
d°	Quartier de Rouvergue.	d°	d°			⊔		d° (Coll. Vallentin et L. Lombard.)
d°	?	d°	d°		⊐			d°
d°	?	d°	d°		♜+			d° A explorer.
Cléon - d'Andran.		Marsanne.	Montélimar.		△+	△+		d° (Coll. Vallentin).
Colonzelle.		Grignan.	Montélimar.		△+			d°
Comps.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△+			d°
d°		d°	d°		△			(Coll. B. Tournier).
Condillac.		Marsanne.	Montélimar.			△+		(Coll. Vallentin).
Die.		Die.	Die.			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Dieu-le-Fit.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		✡			(Coll. Morin et Vallentin).
d°		d°	d°			△		(Coll. Morin). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Donzère.	?	Pierrelatte	Montélimar.		△+			(Coll. Prat).
d°	Au Robinet, sur les bords du Rhône : Les Deux-Demoiselles.	d°	d°		Λ 2			Non fouillés.
d°	?	d°	d°		♜+			Grottes et abris sous roches à explorer. — F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Eizabut.		Pierrelatte.	Montélimar.		△+			(Coll. Vallentin). — F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Espeluche.		Montélimar	Montélimar.		△+			d° (Coll. de Coston et Vallentin).
Garde-Adhémar (La).		Pierrelatte.	Montélimar.		△+			(Coll. Ludovic Lombard).
d°	Au quartier de Magne.	d°	d°		Λ			Non fouillé. F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Gervais (St-).		Marsanne.	Montélimar.		△+			(Coll. Vallentin).—F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Granges-Gontardes (Les)		Pierrelatte.	Montélimar.		△+			d°
Grignan.		Grignan.	Montélimar.		△+			(Coll. Serville et Ludovic Lombard).
d°	Sur les bords de la Berre, au quartier Cordy.	d°	d°		△			Objets dispersés il y a 25 ans; quelques-uns sont conservés dans (Coll. Lombard).
d°	Station de la Berre	d°	d°			✡		Divers instruments détruits ou égarés.
d°	Sur le versant d'une petite colline, près du dolmen de Carrois.	d°	d°		Λ			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Hauterives.		Grand-Serre	Valence.		△+			Lacroix, *Dict. des Gaules*.
Lachamp.	Hameau de la Concourde.	Marsanne.	Montélimar.		△+			(Coll. Vallentin).—F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Laupie (La).		Marsanne.	Montélimar.			◡		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°		d°	d°		△+			(Coll. Vallentin).—F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Loriol.	Entre Saint-Fond et Fucinet.	Loriol.	Valence.			◊		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Manas.		Marsanne.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Marcel (St-).		Marsanne.	Montélimar.		△+			d°
d°	Encastré dans l'ancien mur d'une abbaye.	d°	d°		Λ			d°
Marsanne.	?	Marsanne.	Montélimar.		△+	△		(Coll. Vallentin).—F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
d°	La Pierre-Sanglante, au quartier de Combe-Maure.	d°	d°		Λ			d°
Martin-en-Vercors (St-).		La Chapelle-en-Vercors	Die.		△			d°

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Maurice (St-).		Nyons.	Nyons.		⊤γ			Renseig. de M. Marel.
Montboucher.		Montélimar.	Montélimar.		△+			(Coll. Vallentin).
Montélimar.	Dans les environs	Montélimar.	Montélimar.		△+	△		(Coll. de Coston et Vallentin).
d°	Au quartier de Bavière, dans le jardin d'un sieur Ballard.	d°	d°		△+			Faujas de Saint-Fond, *Mémoires sur des bois de cerfs fossiles trouvés en creusant un puits dans les environs de Montélimar, en Dauphiné, à quatorze pieds deux pouces de profondeur*, le 28 du mois d'août dernier. A Grenoble, chez J. Cuchet, 1786, in-4°, 24 pages (Une gravure est jointe à la brochure, très rare, Coll. Vallentin).
d°	?	d°	d°			△		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Montbrison.		Grignan.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Montjoux.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△+			d°
Montjoyer.		Grignan.	Montélimar.		△+			d°
Montségur.		St-Paul-Trois-Châteaux	Montélimar.		△+			d° (Musée Calvet, à Avignon).
Moras.		Le Grand-Serre.	Valence.		△			(Coll. E. Chantre).
Nyons.		Nyons.	Nyons.				◡	E. Chantre, *Matériaux*, 7e année, p. 279.
Orcinas.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Pantaléon (St-)		Grignan.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Paul - Trois - Châteaux (St-)	A fleur du sol, sur toutes les collines tertiaires des environs.	St-Paul-Trois-Châteaux	Montélimar.	◆	◆			(Coll. de Serres, Lombard et Vallentin).
d°	St-Juste, Châtillon Pansier, St-Jean	d°	d°		◇ ✡			(Coll. Vallentin et Lombard). F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Pègue (Le).		Pègue (Le)	Montélimar.		△+			d° (Collect. Vallentin).
Pierrelatte.	?	Montélimar.	Montélimar.		△+			
d°	Aux quartiers de St-Foi et de Verna	d°	d°			⌓+		(Non fouillés).

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Poët-Laval.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△[2]			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. Henri Morin et Vallentin).
Pommerol.		Rémusat.	Nyons.		△[6]			(Coll. B. Tournier).
Pont-de-Barret.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△[7]			d° (Coll. Henri Morin et Vallentin).
d°		d°	d°			△+		d° (Coll. Vallentin).
Portes.		Montélimar.	Montélimar.		✡			(Coll. Vallentin). *Bull. de la Soc. d'arch. de la Drôme*, t. V. p. 376.— F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Puygiron.		Montélimar.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. de Coston et Vallentin).
Rac.		Montélimar.	Montélimar.		△+			d° (Coll. Vallentin).
Reauville.		Grignan.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. Vallentin).
Restitut (St-).		St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar.		△+			d° (Coll. Vallentin).
Roche-Baudin (La).		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△+			d°
Rochefort.		Montélimar.	Montélimar.		△+			d° (Coll. Vallentin).
Rochegude.		St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar.		△+ ✡			(Musée d'Avignon).
Roche-Saint-Secret (La).		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
Romans.		Romans.	Valence.		△			
Roussas.		Grignan.	Montélimar.		△+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. Vallentin).
d°	Au-dessus du Château, camp celtique (inexploré)	d°	d°		↳			d°
Rousset.		Grignan.	Montélimar.		△+			d°
Salles.		Grignan.	Montélimar.		△+			d°

DÉPARTEMENT DE LA DROME

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE		AGE DES MÉTAUX		OBSERVATIONS
				Paléolit.	Néolith.	Bronze	Fer	
Sallettes.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		Δ+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. Vallentin).
Sauzet.		Marsanne.	Montélimar.		Δ+	Δ		d° (Coll. Vallentin).
Savasse.		Marsanne.	Montélimar.		Δ+			d° (Coll. Vallentin).
Solérieux.		Saint-Paul-Trois-Châteaux	Montélimar.		Δ+			d° (Coll. Lombard).
d°		d°	d°			Δ		d° (Coll. Vallentin).
d°	Propriété du Colombier.	d°	d°		Λ			d° Non fouillé.
Souspierre.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		Δ+			d° (Coll. Vallentin).
Suze-la-Rousse	?	St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar.			Δ+		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
d°	Domaine de la Berche.	d°	d°		✡	✡		(Musée d'Avignon).
d°	Sur les collines des environs.	d°	d°	♦				F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc. (Coll. Lombard).
d°	?	d°	d°		◊			d° (Musée d'Avignon et coll. Lombard).
d°	?	d°	d°		Δ²			d°
d°	Parc du château.	d°	d°		Δ+			d° (Coll. Lombard).
Taulignan.		Grignan.	Montélimar.		Δ+			d°
Teyssières.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		Δ+			d°
Touche (La).		Montélimar.	Montélimar.		Δ+			d° (Coll. Vallentin).
Tourettes (Les)		Marsanne.	Montélimar.		Δ+			d°
Tulette.		St-Paul-Trois-Châteaux.	Montélimar.		Δ			d°
Vallaurie.		Grignan.	Montélimar.		Δ+			d° (Coll. Vallentin).
d°	Près d'une mine de fer ; gisement de silex ayant alimenté un atelier préhist dont on trouve de nombreux produits.	d°	d°		♦			Renseig. de M. Mallet.
Valence.		Valence.	Valence.			Δ		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.
Vesc.		Dieu-le-Fit.	Montélimar.		Δ+			F. Vallentin, *les Ages de pierre et de bronze*, etc.
?	Dans le département.	?	?			Δ		E. Chantre, *Age du bronze*, etc.

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Aiguilles.	Menhir dit : Pierre-Fiche entre le Bourg d'Aiguilles et le Château-Queyrons.	Aiguilles.	Briançon.		Λ			Ladoucette, *Hist. topogr. des Hautes-Alpes*, 3e édition, p. 186. — J. Roman, 1876. — L. Revon, *Dict. des Gaules*, p. 22. — B. Tournier, *Matériaux*, avril 1878, p. 148, et Essai d'un inventaire, etc.
Ancelles.	Montagne de Faudon.	St-Bonnet.	Gap.				⌓	Découvert par M. Lukis, ingénieur anglais; d'après M. Eug. Chaper, *Dict. des Gaules*, B. Tournier : Essai d'un inventaire, etc.
d°	Montagne de Faudon, pierre percée sur laquelle existent diverses légendes.	d°	d°		Λ			Eug. Chaper, *Dict. des Gaules*.
André-de-Rosans (St-).		Rosans.	d°		Δ+			Renseign. de M. J. Roman.
Arvieux.	Au hameau des Escoyères.	Aiguilles.	Briançon.				♛	Ladoucette, *Hautes-Alpes*, p. 189. — L. Revon, *Dict. des Gaules*, p. 85.
Aspremont.	Dans les environs	Aspres-les-Veynes.	Gap.		Δ+			Renseign. de M. E. Blanc, 1876.
Aspres-les-Veynes.	Route de Baech, avant le tunnel de Regnon.	d°	d°			⌴		Renseign. de M. Raimbault.
Aspres-les-Corps.		St-Firmin.	d°				⌴	Renseign. de M. Roman, 1878.
Avançon.	Sur l'aire du Château.	La Bâtie-Neuve.	d°		Δ			(Collect. B. Tournier. Pressy-Vandeuvre, près Genève). B. Tournier, *Matériaux*.
Barret-le-Bos.		Ribiers.	d°		Δ 4			d°
Bâtie-Vieille (La).		La Bâtie-Neuve.	d°		Δ			(Collection Vallentin, à Gap). — Renseig. de M. L. Revon.
Baume (La).	Sur une colline.	Aspres-les-Veynes.	d°		Λ,			B. Tournier, *Matériaux*, avril 1878, p. 149.
Bonnet (St-).		St-Bonnet.	d°					La découverte de plusieurs kilogr. de bronze faite à la Fare, a parfois été indiquée à tort comme étant de Saint-Bonnet.
Champcelle.	Dans le sol d'une caverne.	Guillestre.	Embrun.		▲			B. Tournier, Essai d'un inventaire, etc.
Châteauneuf-de-Châbre.		Ribiers.	Gap.		Δ 3			(Coll. Rouy, à Gap). *Dict. des Gaules*.
Châteauroux.	En 1875.	Embrun.	Embrun.				⌴	(Collection Roman à Gap). Renseign. de M. J. Roman.

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Château-Ville-Vieille.		Aiguilles.	Briançon.				♕	Chappuis, *Vallée de Barcelonnette*, p. 14 et 15.
d°	A Queyras.	d°	d°		Λ[2]			Ladoucette, *Hautes-Alpes*, p. 190. *Dict. des Gaules*.
d°		d°	d°		Λ			
Costes (Les).		St-Bonnet.	Gap.				♕	(Collect. B. Tournier et diverses). Renseign. de M. L. Revon.
Crottes (Les).	Hameau de St-Jean Vers 1870.	Embrun.	Embrun.				◡	Renseign. de M. de Barthélemy.
Embrun.	?	Embrun.	Embrun.				◡+	B. Tournier, Essai d'un invent., etc.
Fare (La).	Bois-Vert, dans un ravin.	St-Bonnet.	Gap.			◊		E. Chantre, *Age de bronze*, etc. *Dict. des Gaules*.
d°	A côté la chapelle de N.-D. du Bois vert. Découvert et détruit en 1848.	d°	d°		⚹			B. Tournier, *Matériaux*, avril 1878, p. 149.
d°	Près de là, en face du hameau de Laye.	d°	d°		⚹			d° p. 150.
Faurie (La).		Aspres-les-Veynes.	Gap.		△+			(Collect. B. Tournier, à Genève, et musée d'Annecy). Renseig. de M. L. Revon.
Fressinières.	A Pallon, dans une vigne.	Guillestre.	Embrun.				△	(Collect. B. Tournier, à Genève). D. G.
d°	A la gorge de la Biaisse.	d°	d°				△	d° D.G.
Gap.	Quartier du Pré-Camargue, à 400m au-dessus de la ville.	Gap.	Gap.		⚹			M. L. Revon, D.G.
d°	Quartier de Pierre-Fiche, indiquant probablement un menhir.	d°	d°		Λ			Renseign. de M. Roman.
Grave (La).	En 1839, découverte de sépultures.	La Grave.	Briançon.				♕	Ladoucette : Chappuis et Champollion-Figeac : *Revue archéol.* 1858, p. 625. D. G.
Guillestre.	Au milieu du plateau.	Guillestre.	Embrun.		Λ			Ladoucette, *Hautes-Alpes*. — B. Tournier, *Matériaux*. Avril 1878, p. 148.
d°	Entre Guillestre et Vars, sur la montagne.	d°	d°			◊		Ladoucette, *Hautes-Alpes*, p. 202.
d°	A Peyre-Haute.	d°	d°				♕	(Collect. B. Tournier. Musées de Gap et de Lyon).
d°	Au quartier Chéoulier, 1853.	d°	d°			◡		Renseign. de M. Roman, 1876

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Jean-St-Nicolas (St-).		Orcières.	Embrun.			Δ^{2}		E. Chantre, *Age du bronze.*
d°	En 1863.	d°	d°				⌴	(Coll. Rouy, à Gap). Renseig. de M. Roman.
d°	Près de la grotte de Corbière.	d°	d°		Δ^{2}			(Coll. Nicolas, à St-Bonnet). Renseign. de M. J. Roman.
d°	Aux Rovanches. Dolmen détruit en 1848.	d°	d°			╥		B. Tournier, *Matériaux*, avril 1878, p. 149.
Laurent-du-Cros (St-).		St-Bonnet.	Gap.		Δ			(Coll. B. Tournier). Renseign. de M. L. Revon.
Laye.		St-Bonnet.	Gap.		╥			B. Tournier, *Matériaux*, essai d'un inv. préhist., etc.
Lazer.	Notamment en 1869.	Laragne.	Gap.		Δ^{+}			(Collections diverses.) Renseign. de M. Roman.
d°	Sur le sommet de la montagne de la Plâtrière.	d°	d°				♔	Ladoucette, *Hist. des Hautes-Alpes*, 1820, p. 81.
Lettret.	En défonçant une vigne, en 1852.	Tallard.	Gap.				⌴$^{+}$	J. Roman d'après Ladoucette, *Dict. des Gaules*, t. II.
Manteyer.	En 1868.	Gap.	Gap.			Δ^{2}		E. Chantre, *Age du bronze*, etc. (Coll. Roman).
Marie (Ste-).	Sur le bord de la Crausa, en 1800, deux bracelets or et des ossements de chevaux.	Rosans.	Gap.			⌓		J. Roman, d'après Ladoucette. Voir *Rosans.*
Molines-en-Queyras.	A la Chalpe.	Aiguilles.	Briançon.				⌴	Chappuis, p. 14 et 15.
Monetier-en-Briançon (Le)	A Freycinet, près du village.	Monetier-en-Briançon.	Briançon.		Δ			Rens. de M. Roman.
Montmorin.		Serre.	Gap.		Δ			M.
Montrond.		Serres.	Gap.		Δ^{5}			(Coll. B. Tournier.) Renseign. de M. L. Revon.
Orres (Les).	En 1875.	Embrun.	Embrun.				⌴	(Coll. Renan.)
Pomet.		Ribiers.	Gap.		Δ^{+}			(Coll. du percepteur de Ribiers.)
Rambaud.		La Bâtie-Neuve	Gap.		Λ			M.

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Réallon.		Savines.	Embrun.			◈		E. Chantre, *Age du bronze*, etc. (Mus. de St-Germain), Indic. de l'Arch., 1872, p. 267.
Ribiers.		Ribiers.	Gap.			◈		d°
Ristolas.		Aiguilles.	Briançon.				♔	Renseignement de M. Dussert, à Briançon.
d°	Au hameau de la Monta.	d°	d°				⊔	Renseign. de M. L. Revon.
Rochette (La)		La Bâtie-Neuve.	Gap.		Λ			M.
Rosans.		Rosans.	Gap.		Δ+			(Coll. B. Tournier et diverses).
d°	Dans une sablonnière.	d°	d°		Δ			(Coll. Jaubert, ingénieur, à Gap).
d°	Vallon de Crause, squelette humain et de cheval portant deux bracelets en or.	d°	d°					Ladoucette, *Statis. des Hautes-Alpes*, p. 304. — B. Tournier, *Matériaux*, etc. Voir *Ste-Marie*.
Savines.	A Aigoire, au mas des guerres.	Savines.	Embrun.				♔	(Coll. Ollivier et diverses). Chappuis, *Etude sur la vallée de Barcelonnette*.
d°	En 1875.	d°	d°				⊔	(Coll. Roman).
d°	Au hameau des Rousses, en 1876.	d°	d°				⊔	(Coll. Roman).
Serres.		Serres.	Gap.		Λ Δ			M.
Tallard.		Tallard.	Gap.				⊔++	
d°	A 2 kil. du village, vers 1862.	d°	d°				⊔	Renseign de M. L. Revon.
d°	Quartier du Serre-des-Fourches, découvert en 1864 et presque détruit.	d°	d°		⋇			Renseign. de M. L. Revon à Roman. B. Tournier, *Matériaux*, avril 1878, fig. 8, ou 82.
d°		d°	d°		ττ			
Trescléoux.	Vers 1850.	Orpierre.	Gap.		Δ			(Coll. Mourre à Ribiers). Renseign. de M. Roman, 1876.
d°	?	d°	d°		Δ			
d°	?	d°	d°				Δ	

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

COMMUNE	LIEU-DIT	CANTON	ARRONDISS.	ÉPOQUES — AGE de la PIERRE — Paléolit.	Néolith.	AGE DES MÉTAUX — Bronze	Fer	OBSERVATIONS
Véran (St-).	?	Aiguilles.	Briançon.				♔	(Coll. B. Tournier).
d°		d°	d°			△		
Veynes.	Vallée de Clairette à 1 kilomètre du bourg.	Veynes.	Gap.			◊		Rens. de M. Raimbault.
?	Mens.	?	?				△	M.
	Col de Mens.	?	?				⌴	
?	St-Galle-en-Issades.	?	?				⌓	
?	Lande-des-Roches	?	?				⌓+	
?	Rame.	?	?			⌴		B. Tournier, *Matériaux*, *Essai*, etc.
?	Le Champsaur.	?	?		△+			d°
?	Champsaur.	?	?			△		d°
?	Plateau-de-Bayard	?	?		△			d°

M. Ad. ARCELIN

A Saint-Sorlin (Saône-et-Loire).

SUR LES SILEX SOI-DISANT TAILLÉS DE L'ÉPOQUE TERTIAIRE

— *Séance du 14 août 1885* —

Les caractères que l'on considère comme distinctifs de la taille intentionnelle du silex, à savoir le conchoïde de percussion, le plan de frappe et l'esquillement, loin d'être toujours la conséquence d'un acte intentionnel et intelligent, se produisent fréquemment par suite du choc accidentel de deux silex ou d'un silex contre un autre corps suffisamment dur; l'esquillement, en particulier, résulte tout simplement du défaut d'homogénéité de la pâte du silex. L'analyse mécanique du phénomène de l'éclatement du silex par percussion rend compte de ces divers accidents.

Le conchoïde de percussion se rencontre sur des silex provenant des sables siliceux éocènes du Mâconnais. L'on trouve également sur ces silex des traces de retouches régulières du même côté et de remarquables nucléi. Les silex décortiqués — identiques à ceux de Thenay — sont fréquents dans les mêmes argiles éocènes.

Les silex craquelés — identiques aussi à ceux de Thenay — se rencontrent en grand nombre à la surface des argiles à silex et sables siliceux éocènes du Mâconnais.

Il se produit actuellement, dans des circonstances purement accidentelles, des silex analogues aux produits de l'industrie humaine préhistorique. M. Arcelin cite l'exemple d'un grattoir, formé en roulant dans le fond d'une carrière; d'une pointe moustérienne taillée sans le savoir par un cantonnier; de silex avec retouches du même côté, produits dans les ornières des chemins par les roues des voitures, les fers des chevaux ou les souliers des passants; d'une pointe de flèche taillée par les sabots des vaches dans un abreuvoir, etc.

M. Arcelin a recherché si les silex craquelés se trouvaient aussi dans les couches profondes du terrain éocène et il a constaté que les silex en contact avec les sables siliceux, à de grandes profondeurs, sont fendillés et accusent une tendance au craquelage; que le craquelage devient plus apparent dans les déblais exposés depuis un certain nombre d'années à l'influence des agents atmosphériques; qu'il devient plus apparent encore dans les zones supérieures constituant l'argile à silex proprement dite; qu'enfin, parmi les silex ramassés à la surface, les fentes s'élargissent, se

remplissent de matière terreuse ocreuse qui les rend plus visibles et qu'en un mot, le craquelage acquiert son dernier degré.

Il en conclut que le craquelage observé en Mâconnais résulte : 1° de la nature du silex (tous ne sont pas craquelés dans les mêmes zones); 2° d'actions exercées sur les silex de l'époque éocène (émissions hydrothermales à de hautes températures), dont les effets s'accroissent à mesure que les silex se trouvent plus longtemps exposés aux influences atmosphériques (changements brusques de température, alternatives de soleil et de gelée, etc.), sans parler de l'action directe du feu, qui a pu s'exercer à la surface du sol.

Les silex craquelés de Thenay ont pu se produire dans les mêmes circonstances naturelles que ceux du Mâconnais. M. Arcelin attribue également à des actions purement naturelles les apparences de taille intentionnelle signalées dans différents gisements tertiaires de France et du Portugal.

M. Chantre présente, au nom de M. Arcelin, absent, 31 pièces appuyant les conclusions qui précèdent.

M. POMEL

Directeur de l'École supérieure des Sciences, à Alger.

STATION PRÉHISTORIQUE DE TERNIFINE (MASCARA)

— Séance du 11 août 1885 —

Les fouilles faites à la station préhistorique de Ternifine à l'aide d'une allocation de l'Association ont donné des résultats intéressants. Les animaux qu'elles ont fait reconnaître sont : *Elephas atlanticus*, *Rhinoceros mauritanicus*, *Hippopotamus major* (?), *Camelus Thomasii*, *Equus sp.* (?), *Bos* et autres ruminants antilopiens, *Felis leo* (?) (un seul fragment), très petit éléphant (une seule dent) (1).

Les faits les plus intéressants pour la section sont : 1° la présence, au milieu des ossements, de haches (ou casse-tête) d'un type très primitif, en grès dur, taillées dans des galets de rivière, ou en calcaire compact, sans doute de même origine; 2° les éclats tranchants de silex sont très petits et enlevés à des nucléus de la grosseur d'un œuf, ils sont de la dimension

(1) Voir le procès-verbal, section de Géologie, p. 128.

moyenne d'un ongle humain ; 3° les canines inférieures d'hippopotames étaient collectionnées, ainsi que les incisives, pour servir d'armes; les cavités cotyloïdes des bassins de grands mammifères y sont fréquentes, ainsi que les canons de cheval; 4° on trouve aussi des restes de foyers, avec des débris de poterie très grossière et des pierres de foyer empruntées à la carapace du terrain quaternaire sous-jacent; 5° on a pu constater que l'homme de cette époque n'avait pas de chien plus ou moins domestique et qu'il devait peut-être occuper la station d'une façon permanente pour empêcher les carnivores sauvages d'y arriver; car il n'existe aucune trace de dent de carnivore, pas même de porc-épic, sur les nombreux ossements exhumés par les fouilles.

L'âge de la station devrait être réputé très ancien d'après les haches et, au contraire, assez moderne d'après ces derniers caractères. En réalité, le quaternaire algérien comprend : 1° l'atterrissement ancien limoneux et plus ou moins gypseux des grandes plaines, hautes et basses, de la Barbarie; sa faune de vertébrés est inconnue; 2° les plages marines émergées avec *Strombus mediterraneus* et grand cône, et une espèce d'éléphant confondue d'abord avec l'*Elephas antiquus,* mais bien distincte par l'étroitesse remarquable de ses molaires; 3° les stations analogues à celle de Ternifine sur des sources quelquefois taries, comme à Aboukir, près de Mostaganem, où l'accumulation des hélices indique que les hommes de ce temps s'en nourrissaient; ici se trouve le *Bubalus antiquus* Duv. ; 4° des éboulis de pentes et les terres alluvionnaires des grandes plaines en rapport presque concordant avec les formes orographiques actuelles, contenant le véritable *Elephas africanus* et d'autres mammifères, dont quelques-uns d'espèce éteinte, probablement aussi un phacochère, indiquent une phase assez distincte de l'actuelle pour ne pas être confondue avec elle.

C'est à la troisième des phases énumérées ci-dessus que se rapporte Ternifine; cette station est donc assez récente. La faune de cette époque est très remarquable, et les documents trop incomplets pour caractériser quelques-unes de ces espèces pourraient être complétés par de nouvelles fouilles, si l'Association voulait bien y consacrer quelque subside.

M. le Docteur A. FICATIER

A Auxerre.

MÉMOIRE SUR DE NOUVELLES FOUILLES ENTREPRISES DANS LA GROTTE DE NERMONT A SAINT-MORÉ (YONNE)

— *Séance du 14 août 1885* —

La grotte de Nermont appartient au groupe de grottes situées dans la falaise oolithique de Saint-Moré, voisines des grottes bien connues d'Arcy-sur-Cure. Cette grotte est à 60 mètres environ au-dessus du niveau de la Cure; on y arrive par un talus très rapide presque exclusivement formé par des portions de calcaire oolithique détachées de la falaise. Son accès étant très difficile, elle est presque inconnue aux habitants du pays, qui ne la désignent, avec les grottes ses voisines, que sous le nom générique de *roches creuses*. La grotte de Nermont se divise en plusieurs parties, dont une seule peut être facilement explorée : c'est la salle la plus grande, celle à laquelle on arrive directement par le talus qui regarde la Cure. La portion au nord-est est obstruée par d'énormes blocs de la falaise, qui, se détachant, ont fait communiquer cette partie de la grotte avec le plateau de la montagne. Nous avons donc laissé de côté cette partie de la grotte, dont les fouilles nécessiteraient des frais énormes, pour nous occuper exclusivement de la grande salle, plus facilement accessible, qui mesure environ 35 mètres de profondeur sur autant de largeur.

La Société des sciences de l'Yonne fit, pour la première fois, pratiquer des fouilles, dans cette grotte, sous la direction de MM. Bonneville et Berthelot. Une tranchée transversale fut ouverte par des terrassiers et poussée jusqu'à 2 mètres de profondeur. Dans plusieurs endroits les couches de la tranchée n'ont montré à MM. Cotteau, Bonneville et Berthelot que des terres remuées, accumulées avec des débris; en d'autres places, des foyers superposés étaient plus distincts, et il y a été recueilli une assez grande quantité d'objets dont la nomenclature a été publiée dans le Bulletin de la Société des sciences de l'Yonne (1874, séance publique du 28 mai 1876; p. 172 et 176. — Voir également le Dictionnaire archéologique du département de l'Yonne, par Philippe Salmon, p. 135. Auxerre, Rouillé, 1878).

Dans ces fouilles, qui ont été pratiquées en 1874, 1875 et 1876, le sol naturel de la grotte n'avait pas été atteint; aussi avons-nous cru devoir reprendre l'étude de ces grottes afin d'arriver, si cela était possible, à un résultat plus complet.

Au mois d'avril de cette année j'ai entrepris, de concert avec deux de mes amis, MM. Boulard et Thiercelin, de continuer les recherches de la Société et de les pousser plus avant. Laissant de côté la partie centrale de la grotte déjà fouillée et en partie remblayée, nos recherches ont porté surtout sur les côtés et le long des parois. Nous avons fait enlever successivement et avec soin, sur une largeur de 4 mètres environ, les diverses couches que nous avons rencontrées jusqu'à ce que la pioche de nos ouvriers eût rencontré le sol naturel, c'est-à-dire le roc.

Nous avons alors constaté la disposition suivante, en allant de la surface à la profondeur :

1re Couche. Terres remuées de 50 centimètres d'épaisseur environ, renfermant, avec des pierres et une certaine quantité de cailloux roulés de la Cure, beaucoup de débris de poteries diverses. Nous y avons recueilli :

Une épingle en bronze de 15 centimètres de longueur ; — trois anneaux de bronze de grandeurs différentes sans aucune ornementation ; — des clous en fer ; — une rondelle de terre cuite percée au centre ; — des pesons de fuseau en terre cuite ; — un fragment de bracelet en bronze ; — une partie d'anneau ou disque en marbre admirablement poli ; — une partie d'un anneau de même nature d'un diamètre moindre et paraissant être un fragment de bracelet.

Beaucoup de débris de poteries recueillis dans cette couche semblent appartenir à l'époque celtique par leur forme et leur ornementation.

2e Couche. Couche argileuse de couleur jaunâtre, de 10 centimètres d'épaisseur environ et ne contenant aucun objet.

3e Couche. Cette couche, formée entièrement de pierres mélangées à des cendres et du charbon, mesure environ 20 centimètres d'épaisseur. Nous y avons trouvé, avec une grande quantité de poteries diverses assez bien ornées et d'une pâte assez fine, beaucoup de silex et d'instruments en os.

Nous y avons recueilli :

Une grande quantité de silex ouvrés : grattoirs, pointes, couteaux, etc. ; — quatre pointes de flèche en feuille de laurier, très artistement taillées et fort bien conservées ; — un fragment de hache polie en jade ; — une hache en granit du Morvan dont le polissage n'est pas achevé ; — deux dents de loup (canines) avec un trou de suspension à la racine ; — une canine d'ours également percée à sa racine ; — une dent de cerf (incisive) également perforée ; ces quatre dents ont dû servir d'ornements ou d'amulettes ; — une autre dent de carnivore dont le trou de suspension n'était pas achevé et que nous avons perdue depuis ; — une coquille d'anodonte perforée ; — d'autres coquilles également perforées ayant dû aussi servir d'ornement ; — une quantité de poinçons en os de grandeur et de formes différentes ; — un vase en terre cuite presque entier, fait au tour et renfermant une cinquantaine de graines de cornouiller ; — une quantité de fragments d'os brisés et carbonisés, parmi lesquels nous avons pu reconnaître des ossements de bœuf, sanglier, cerf, chevreuil, etc.

4e Couche. Deuxième foyer avec cendres de 30 centimètres d'épais-

seur environ, séparé du précédent par une épaisse couche de pierres et de terre; ce foyer nous a donné, au milieu des cendres, à peu près les mêmes objets que le foyer précédent. Les éclats de silex étaient plus nombreux, les débris de poteries avaient une apparence plus grossière, leur ornementation paraissait plus primitive. Nous y avons recueilli, en outre, une assez grande quantité de bois de cerf et de chevreuil, mais nous n'y avons remarqué aucune trace de travail.

5e *Couche*. Séparée de la précédente également par une épaisseur assez grande de pierres et de terre. C'est le foyer le plus important; les cendres mesurent 50 centimètres de hauteur, elles sont fortement tassées. Nous y avons recueilli une grande quantité d'éclats de silex sans forme déterminée, beaucoup de grattoirs, perçoirs et lames se rapprochant du type magdalénien, une grande quantité de fragments de poteries grossièrement façonnées et d'une pâte grossière, sans ornements ou ornées seulement avec l'ongle.

Deux vases en terre cuite entiers en forme de calotte, dont l'un, par sa forme primitive, doit être un des premiers essais de poterie; — des poinçons en os; — un poignard en os; — un instrument quadrangulaire échancré à deux de ses extrémités, en silex du Grand-Pressigny de la forme de ceux décrits par M. de Mortillet sous le nom de scies à coches latérales; — une grande quantité de moules fluviatiles et de coquilles d'anodonte; — des fragments d'os se rapportant aux espèces précédemment décrites; — des galets roulés de la Cure, ayant pu servir de percuteurs ou de broyeurs; — plusieurs morceaux d'ocre rouge; — un morceau de sanguine paraissant avoir été raclée avec des silex; — de nombreux bois de cerf et de chevreuil, dont un taillé en forme de polissoir et un autre percé d'un trou ovale à sa partie moyenne.

Au-dessous de cette couche, nous en avons trouvé une dernière formée de graviers et de sables d'alluvion dans laquelle nous n'avons pu recueillir aucun objet qui pût se rapporter à l'homme. Au-dessous de ces graviers se trouvait le sol naturel de la grotte, c'est-à-dire le roc.

La grotte de Nermont appartient à la période néolithique par son mobilier, dont cependant d'assez nombreux échantillons, retirés de la couche industrielle la plus profonde, rappellent manifestement la tradition magdalénienne. Elle est composée de trois foyers superposés contenant à peu près les mêmes objets; il est à remarquer que la poterie s'améliore au fur et à mesure qu'on arrive à la surface: la matière première qui sert à la fabriquer devient plus fine, la cuisson meilleure et l'ornementation plus perfectionnée. Ces progrès de fabrication sont faciles à suivre parmi les nombreux échantillons que j'ai dans ma collection ou que possède le Musée d'Auxerre.

M. OLLIER DE MARICHARD

A Vallon (Ardèche).

EXPLORATION DE LA VALLÉE D'AUZON (ARDÈCHE)

— *Séance du 17 août 1885* —

Depuis de longues années je m'efforce de recueillir tout ce qui a trait à l'ancienneté de l'homme dans le Vivarais. J'ai successivement parcouru toutes les localités du département de l'Ardèche dans lesquelles on signalait quelque antique débris de nos populations primitives. La vallée qu'arrose la petite rivière d'Auzon, est une de celles du département de l'Ardèche qui renferment le plus de vestiges de l'histoire de notre province du Vivarais depuis l'âge de la pierre polie jusqu'à l'époque la plus florissante de l'occupation romaine. Tout est encore en place, et sans le vandalisme des hordes barbares du Nord, l'intempérie des saisons et la cupidité inhérente à l'espèce humaine, on pourrait assister, pour ainsi dire de visu, à toutes les phases par lesquelles ont passé nos populations primitives et leur développement successif, depuis les âges les plus reculés jusqu'à nos jours.

La vallée d'Auzon comprend tout le territoire limité au couchant par la rivière de l'Ardèche, à partir de Vogué, et au levant par celle d'Auzon jusqu'à Lussas, l'ancienne cité de Luciate à l'époque romaine.

En quittant la gare de Vogué, on s'élève sur une petite colline entièrement couverte de chênes verts dont les troncs énormes semblent faire corps avec les blocs de roches jurassiques qui recouvrent uniformément tout le sol de la colline. C'est au milieu de cette nature sauvage que surgissent à chaque pas les traces plus ou moins intactes d'antiques sépultures, Dolmens et Tombelles. Plus de quarante se dressent encore dans cette région : presque toutes ont été violées et bouleversées depuis longues années.

Habitué dans mes explorations à me trouver en présence de pareils bouleversements et sachant par expérience qu'une certaine crainte superstitieuse arrêtait souvent l'entière violation d'une sépulture, je procédai moi-même à reprendre la fouille des énormes déblais amoncelés à l'entour et à l'extérieur des sarcophages, n'attaquant le dépôt intérieur qu'après avoir tout exploré. Par ce moyen, je pus encore recueillir de beaux débris d'industrie humaine et de mobilier funéraire, tels que pointes de flèche, couteaux et grattoirs en silex, quelques objets en bronze. Au nombre de

ces sépultures, une surtout me fournit quelques objets très intéressants. Ce fut d'abord un bel anneau ou bracelet en bois noir, de 6 centimètres de diamètre et de 1 centimètre d'épaisseur, formé de couches ou feuillets très minces, superposées les unes sur les autres et tellement friables, qu'au moindre contact tout se réduisit en poussière; tout à côté se trouve une série de petits anneaux en bronze, tous filiformes, qui devaient, réunis les uns aux autres par de petites embrasses du même métal, former deux énormes bracelets; ces petits anneaux filiformes étaient au nombre de quarante, dont vingt par bracelet. A quelques centimètres plus bas et presque sur le pavé inférieur du sarcophage et contre la paroi de la grande dalle de droite, je trouvai deux jolies bagues en or formées d'une tige enroulée en trois spirales, les deux extrémités terminées en pointes très aiguës et très fines. Ces bagues en spirale sont identiques par leur forme à celles encore en usage en Danemark; mais ces dernières, au lieu d'être en or, sont en cuivre doré. C'est l'unique trouvaille de ce genre que j'ai faite dans mes fouilles depuis vingt ans. Comme toutes les sépultures de ces localités ont été plusieurs fois bouleversées et que je n'ai pu par moi-même constater l'état primitif de cette sépulture, ni la position des objets déposés auprès des sujets ensevelis, on ne doit émettre que ces bagues aient la même contemporanéité, avec les bracelets en bronze, qu'avec la plus grande réserve, quoiqu'il soit avéré aujourd'hui que la connaissance de l'or remonte à la plus haute antiquité et que M. Piette ait signalé dans le Tumulus de la Halliade (Hautes-Pyrénées) la présence de l'or associé au bronze, ainsi que dans d'autres sépultures préhistoriques.

Cette contrée, comme je l'ai déjà dit, est encore très intéressante à visiter, à cause de ses richesses archéologiques de l'époque dite Gauloise et Gallo-Romaine. Elles m'ont fourni le sujet d'une petite communication à notre Société scientifique de l'Ardèche, où j'ai relaté les nombreuses inscriptions que j'ai découvertes et la description de l'édicule de Lussas. Une inscription surtout qui est très intéressante pour la cité de Luciate, non seulement parce qu'elle rappelle qu'un Primus Mansuetus était de la tribu Voltinia, tribu qui jusqu'ici était spéciale à la cité de Nîmes, mais encore elle nous apprend que le titre des premiers magistrats de cette cité helvienne, que l'on ignorait jusqu'à présent, était celui de Quatuorvir et, de plus, qu'il était Flamonium Augustal.

Il serait à désirer que des fouilles sérieuses fussent entreprises dans ces localités, pour préserver ainsi d'une destruction certaine bien d'antiques monuments encore enfouis sous le sol et que le soc de la charrue met journellement à découvert.

M. NICOLAS

Conducteur des Ponts et Chaussées, à Avignon.

LES DERNIÈRES DÉCOUVERTES PRÉHISTORIQUES DANS LA MOYENNE ET LA BASSE VALLÉE DU RHONE EN 1885

— *Séance du 17 août 1885* —

ROQUEMAURE.

L'ensemble de la photographie que je vous présente, et où sont figurées toutes les grottes qui s'ouvrent dans le massif néocomien, se dirigeant en droite ligne de Roquemaure et de Saint-Geniès-de-Comolas sur la rive droite du Rhône, sur plus de 4 kilomètres, vous montre que c'est dans une falaise très élevée de la mer tertiaire (Pliocène) que s'ouvrent toutes les excavations qui, pour la plupart, portent encore empreintes sur leurs parois (1) les traces évidentes de l'occupation de cette mer Plaisancienne qui accusait déjà la future vallée du Rhône. Sur le sol de chacune d'elles, des dépôts riches en fossiles de cet étage supportent ceux accumulés à la suite d'une longue occupation par l'homme. Quelques-unes de ces cavernes sont des habitations, toutes des refuges et accidentellement des sépultures.

J'ai décrit la belle grotte sépulture n° 46; j'ai parlé de la grande habitation 28, 28*a* et 28*b*, et de quelques autres que je n'ai fait qu'entrevoir.

Grotte de Roquemaure n° 41. — Le n° 41, que j'avais appelé Grotte des Blocs, m'avait aussi fourni quelques objets précieux trouvés tout au fond. Imparfaitement fouillée, j'ai repris il y a quelque temps ces déblais, précisément près les gros blocs qui obstruaient l'entrée et semblaient en défendre l'accès, et à peine les fouilles étaient-elles entamées, qu'une grande quantité de débris de poteries étaient mis à découvert; puis, commençait l'arrivée de nombreux disques taillés dans des valves de cardium que j'ai retirés un à un, quelquefois deux réunis, rarement au nombre de trois. Leur total s'élève à plus de 900; avec eux deux belles amulettes prises dans une coquille plus grande, qui pouvait appartenir à quelque tridacne.

Les quelques doutes que j'avais sur la matière qui avait fourni ces erles, les stries ayant disparu, ont été complètement enlevés par les récieux renseignements qui m'ont été fournis par notre très sympathique

(1) La surface intérieure des grottes et la paroi extérieure de la falaise portent sur certains points des trous nombreux de grands lithodomes.

et toujours bienveillant M. Cartailhac ; sauf pour les amulettes, faites peut-être d'ivoire.

Or, ces annelets (1) étant excessivement répandus dans bien des départements : dolmens du Tarn, Tarn-et-Garonne, Lot, Aveyron, Lozère, Ardèche, Hérault et, enfin, Gard, tout l'intérêt consiste donc à les signaler certainement à Roquemaure, sur les bords du fleuve, qu'ils semblent ne pas avoir franchi.

Disséminés sur plus de 1 mètre à $1^m,20$ de hauteur et dans un espace très restreint, un mètre carré à peine, ne pourrait-on pas en déduire une longue occupation par ce premier bijoutier?

Le bloc de quelques mètres cubes gênait beaucoup ; un coup de mine nous permit de nous en débarrasser assez facilement et, sous les blocs, des poteries et des annelets pareils furent retrouvés. A quelle époque ces blocs se sont-ils détachés de la voûte?... Ont-ils été amenés là pour obturer l'entrée? Nous ne pouvons nous prononcer. Tout ce qu'il nous est permis d'assurer, c'est qu'ils n'occupaient pas cette position au moment de l'habitation de la grotte par l'homme aux annelets.

Quelques silex, dont un fort remarquable par sa forme de grattoir bien définie, et très allongé pour aider à le saisir facilement, ont été trouvés parmi ces blocs, plus une fusaïole et une partie d'un disque en schiste.

TRESQUES.

Grotte de Pujault (Gard) dans le domaine du château de Tresques, appartenant à MM. Fraisse frères. En janvier de cette année j'ai donné un avis sommaire de la découverte de cette grotte quadruple dans le journal *l'Homme ;* depuis lors, j'ai repris les fouilles que je comptais achever. Malheureusement un accident imprévu, qui pouvait être bien fâcheux dans ses conséquences, est venu interrompre et arrêter subitement mes travaux.

Ma tranchée s'approfondit, elle a $1^m,80$ de longueur et $1^m,50$ de profondeur. Nous trouvons alors une tête couchée et reposant sur des poteries brisées ; je pense que le squelette est entier. Non, ce crâne est isolé ; je ne découvre plus rien. Je continue mes fouilles qui vont s'élargissant ; je rencontre après deux *humerus* et autant de *tibia* humains. Evidemment, cette sépulture est une de celles qui doivent me fournir le plus de détails ; chaque coup de pioche rencontre des poteries, met à découvert des fragments de fortes dimensions, et c'est par paniers que nous les recueillons ; ces vases seront donc difficiles à reconstituer, à part que nous en retrouvions toutes les parties en achevant les déblais.

Nous vérifions et visitons soigneusement tous les ossements d'animaux,

(1) J'ai donné un superbe collier au Muséum de Genève, un second de même valeur au Muséum de Lyon et un troisième à celui d'Abbeville, dont mes collègues Gosse, Chantre et d'Ault-Dumesnil sont les directeurs.

parmi lesquels un seul est taillé; puis, quelques silex rares et mal définis. Jamais fouille ne m'avait produit, dans un volume aussi restreint de déblais, autant de poteries brisées et objets divers, et je me félicitai par avance du résultat à attendre.

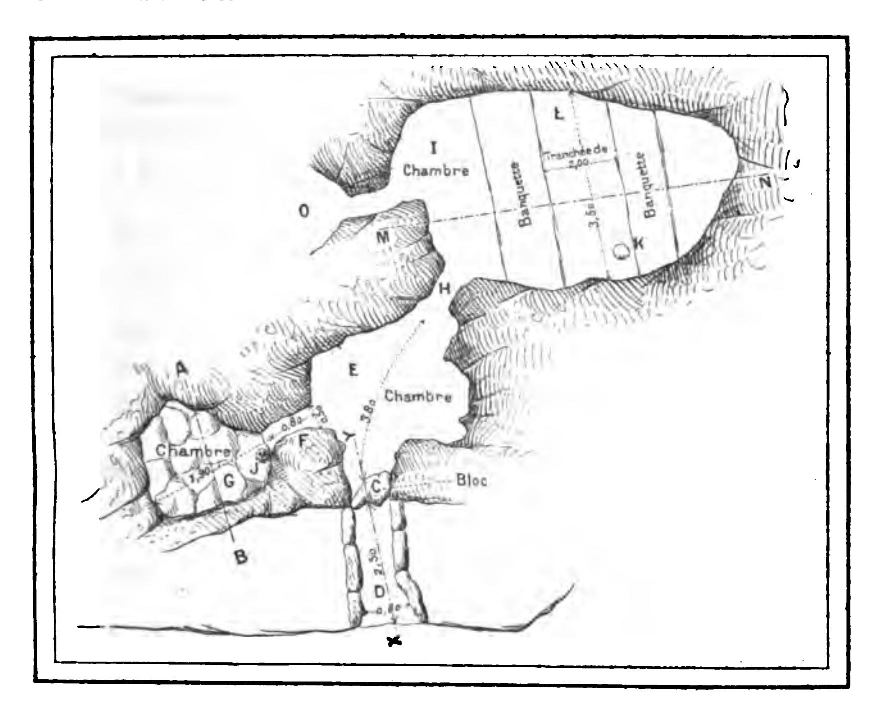


Fig. 74. — Plan et coupe de la grotte de Tresque.

C'est à ce moment que l'accident survient, par l'éboulement des assises de grès, accident qui pouvait être doublement regrettable, car non seulement un ouvrier fut blessé, mais encore, assise au bord de la fouille, Mme T..., de Lyon, venait à peine de quitter cette position pour vérifier l'ossement taillé que nous venions de trouver, que tout s'effondrait subitement. Elle eût été entraînée infailliblement dans les fouilles sans cette heureuse circonstance.

Dans ces conditions et avec ces craintes nous abandonnâmes, non sans regret, une station qui commençait juste à jeter quelques lueurs sur son origine.

Dalles
Argile

Fig. 75. — Coupe suivant AB, montrant les dalles et la couche argileuse qui les supporte.

Le croquis que nous donnons de cette grotte indique quelle était son importance. C'est d'abord un couloir D incliné de 0^{m},80 de largeur et 1^{m},20 de hauteur, bordé de pierres dressées qui donnent accès dans la première chambre E, que nous n'avons pas explorée et dont un bloc C obture complètement l'entrée; puis, à gauche de celle-ci, un couloir bien

étroit F, de $0^m,50$ de largueur, communiquant avec une deuxième chambre vide G, toute dallée de pierres reposant sur une couche d'argile. C'est à l'entrée de ce petit couloir qu'un squelette incomplet a été rencontré.

De cette première salle au fond en H, une deuxième ouverture amène dans la salle I, celle que nous avons explorée en partie seulement et comblée entièrement jusque près de la voûte.

Les ossements humains ont été trouvés : un presque entier avant notre arrivée en J, dont nous n'avons que le crâne; un autre crâne en K, reposant sur des poteries ainsi que nous l'avons dit, et enfin en L, deux *humerus* non perforés, représentant deux individus et deux *tibia* offrant le caractère platycnémique très accentué, une clavicule et un *cubitus*.

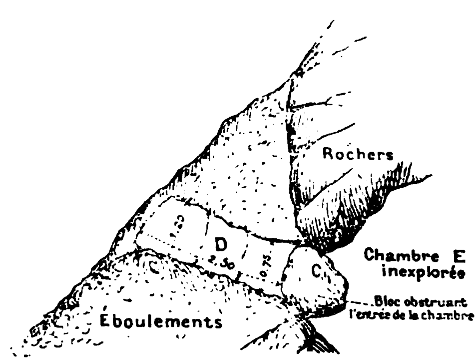


Fig. 76. — Coupe suivant XY, montrant le couloir D fortement incliné.

Les poteries, de formes variées, nombreuses, offrent une réunion de types divers de différents âges.

La tête retrouvée à l'entrée de la chambre G, toute dallée, était entourée de débris de poteries volumineux, dont quelques-unes, à fond plat, doivent appartenir certainement à une autre époque, tandis que celles que nous avions rencontrées nous-mêmes en fouillant le sol de la chambre I avec ses poteries de différentes formes font partie de l'âge néolithique, peut-être même du bronze. Mon impression en faisant ces fouilles était l'attente à chaque instant d'un objet en bronze.

Une troisième tête a été retrouvée après mon départ dans une quatrième salle, qui devait communiquer soit avec la chambre I, soit avec la chambre E; nous la joindrons aux deux autres que nous possédons déjà.

Je n'ai pas à donner les rapports exacts des crânes, n'ayant aucun des instruments de précision qui permettent ces mesures ; toutefois, pour le premier J, l'indice céphalique est de 74.00, et pour le second K, de 86.25.

La faune malacologique ne m'a rien appris; j'ai trouvé les *Helix, aspersa, vermiculata, Bullimus decollatus* et *Hyalinia*.

Un examen rapide des poteries nous donne des anses variées, depuis les anses primitives, moignons informes implantés sur les flancs du vase, jusqu'à l'anse élégante bouclée. Une, remarquable entre toutes, est certainement celle formée par une double anse accouplée, verticale, ayant des trous percés horizontalement pour la suspension et surmontée de trois bourrelets

verticaux, inégalement espacés de 3 à 4 centimètres de hauteur, dominant le tout comme une sorte de triglyphe; d'autres ornements se voient sur certains morceaux très variés dans leurs dispositions.

Enfin, les grosses poteries de la chambre G offrent les indices d'un âge différent, ainsi que je l'ai avancé plus haut. Une poterie isolée entière, une fusaïole et une bélemnite fossile usée ont été retrouvées aussi dans les déblais de la surface du mamelon.

En résumé, plus que tout autre, je déplore l'impossibilité où nous nous sommes trouvés de continuer ces fouilles, qui, certainement, promettaient un si grand intérêt pour notre contrée.

J'ai déblayé tout au plus un vingtième du cube total qu'aurait exigé l'extraction complète pour mettre à découvert toutes ces excavations et plus de vingt formes de poteries se montrent à nous, depuis celles de faibles dimensions avec des anses simples, jusqu'à celles qui s'imposent par l'élégance de leur forme, leur grandeur et la richesse de leurs dessins.

SAINT-LAURENT-DES-ARBRES.

Je dois, pour ne rien oublier de mes recherches, vous signaler un silex rencontré dans les graviers des hauts-niveaux que j'ai soumis depuis quelque temps à la haute appréciation de mon savant ami M. de Mortillet.

Ces graviers se trouvent au-dessus des sables marins des environs de Saint-Laurent-des-Arbres, lesquels ont fourni déjà des mâchoires de *Rhinoceros megarhinus* et de *Mastodonte brevirostris*, classé aux dépens du *M. Angustidens.*

SAINT-VICTOR-DE-LA-COSTE.

Ma dernière course date de quelques jours à peine, 24 juillet 1885; elle eut pour but les environs de Saint-Victor-de-la-Coste, que j'étais désireux de connaître, persuadé qu'elle ne serait pas sans profit pour les études et les recherches auxquelles nous nous vouons tous.

J'ai trouvé, en effet, de forts beaux éclats de silex à la surface du sol, un tranchant de hache en diorite ou toute autre roche.

Avant mon arrivée, l'instituteur de la région, M. François, qui a un goût particulier pour l'étude de ces époques, avait déjà invité ses jeunes élèves à recueillir soigneusement tous les silex qu'ils rencontreraient dans les champs environnants, et malgré le peu de temps écoulé depuis cette recommandation, j'ai trouvé chez lui deux superbes pointes de flèches, une triangulaire et d'autres éclats nombreux.

Le bronze aussi a été retrouvé par ces mêmes élèves. Je signale un rasoir, une fibule simple et une aiguille de plus de 20 centimètres de longueur, en tout semblable à celles dont se servent nos pêcheurs pour la fabrication de leurs filets.

SAINT-GENIÈS-DE-COMOLAS.

Une autre sépulture du bronze a été découverte aux environs de Saint-Geniès-de-Comolas au commencement de l'année. Le squelette, recouvert d'un amas considérable de cailloux roulés, portait encore quelques bracelets, qui sont en possession de M. Correnson, colonel du Génie, propriétaire des terrains où cette trouvaille a été faite.

Enfin, pour mémoire, je signale un cimetière gallo-romain qu'il serait bien facile d'exploiter.

Tel est le résultat de mes recherches.

M. le Docteur L. MANOUVRIER

Professeur adjoint à l'École d'Anthropologie.

SUR LES PROPORTIONS PONDÉRALES DU SQUELETTE DES MEMBRES CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANTHROPOÏDES

— *Séance du 17 août 1885* —

La différenciation des membres antérieurs et des membres postérieurs a consisté d'abord en changements dans la direction des surfaces articulaires. Elle a été l'effet de l'adaptation des membres d'abord à la natation, puis à la sustentation et à la progression terrestres.

Une différenciation plus profonde des membres antérieurs et des postérieurs commence à s'apercevoir chez un certain nombre de mammifères quadrupèdes dont le membre thoracique, tout en servant à la locomotion, est adapté déjà à des fonctions très spéciales.

Chez les anthropoïdes, la différenciation anatomique et physiologique des deux paires de membres est considérable ; mais elle est loin d'être semblable à celle que l'on observe dans l'espèce humaine. Le rapprochement que l'on peut faire, sous ce rapport, entre l'homme et les anthropoïdes peut être basé seulement sur le développement de la fonction de préhension pour la main et sur l'attitude plus ou moins redressée du corps chez ces derniers. Mais l'homme est le seul de tous les primates dont le membre inférieur soit exclusivement adapté à la station verticale, et dont le membre supérieur ne serve plus, normalement, à la locomotion. Chez les anthropoïdes, le membre thoracique sert plus ou moins à la locomotion terrestre.

Mais il sert surtout à la locomotion dans les forêts. Ces animaux se ser-

vent de leurs membres thoraciques pour s'appuyer à terre ou sur les branches, et surtout pour grimper et cheminer dans les arbres. C'est en vertu de cette dernière fonction, surtout, que les membres supérieurs et inférieurs, ainsi que leurs segments respectifs, présentent, chez les anthropoïdes, des proportions pondérales très différentes des proportions humaines. Voici, sur ce point, des chiffres que j'ai pu recueillir sur plusieurs squelettes dont j'ai pesé séparément tous les os.

Le poids du membre supérieur (représenté par l'humérus + les deux os de l'avant-bras) est au poids du membre inférieur (représenté par les os correspondants) :

Chez un gorille	:: 87,1 : 100
Chez un chimpanzé	:: 82,1 : 100
Chez un homme (Français) .	:: 35,2 : 100
Chez un Néo-Hébridien. . .	:: 37,3 : 100

La masse du membre inférieur est donc minime chez les anthropoïdes relativement à celle du membre supérieur. Ce dernier doit développer, en effet, dans le grimpement et le cheminement sur les arbres, une force musculaire énorme.

La *main* de l'anthropoïde, qui doit saisir les branches avec force, présente un poids élevé par rapport au poids des autres segments du membre supérieur (squelette).

Ce dernier poids étant représenté par 100, le poids du squelette de la main, carpe compris, =

Chez le chimpanzé	31,4
Chez l'homme. . .	22,2

Il en est de même, et pour la même raison, du poids des os du pied comparé au poids du squelette de la jambe et de la cuisse :

Ce dernier poids étant représenté par 100, celui du pied =

Chez le chimpanzé	28,6
Chez l'homme. . .	19,3

La différence considérable de ces rapports provient sans doute de ce que le pied participe à l'action de grimper, laquelle nécessite des efforts plus considérables que la station bipède et la marche debout.

Les autres segments des membres supérieurs et des membres inférieurs ne présentent pas, au contraire, des rapports pondéraux très différents chez l'homme et chez les anthropoïdes, ainsi que le montrent les tableaux suivants :

1° MEMBRE THORACIQUE.

Poids total de l'humérus et des os de l'avant-bras = 100.

	Poids de l'humérus.	Poids du cubitus.	Poids du radius.	Poids de l'omoplate.
	—	—	—	—
Homme (Français)	58.8	22.9	18.3	25 2
— (Néo-Hébridien)	58.8	21.6	19.6	—
Gorille	58.7	22.7	18.6	26.5
Chimpanzé	53.2	24.5	22.3	19.1

2° MEMBRE ABDOMINAL.

Poids total du fémur et des os de la jambe = 100.

	Poids du fémur.	Poids du tibia.	Poids du péroné.
	—	—	—
Homme (Français)	57.0	35.8	7.2
— (Néo-Hébridien)	56.4	35.6	8.0
Gorille	63.7	30.1	6.2
Chimpanzé	58.3	32.8	8.9

Les rapports des différents segments de chaque membre au membre total ne varient pas tellement d'une espèce à l'autre que leurs variations ne puissent être considérées comme étant peut-être de simples écarts individuels.

On peut remarquer la similitude du rapport huméral et du rapport fémoral. Le développement pondéral de l'os du bras et de l'os de la cuisse par rapport au reste de chaque membre a échappé aux modifications profondes subies par les autres segments.

Le reste du poids squelettique du membre supérieur s'est partagé presque également entre le radius et le cubitus parce que le premier os a acquis, par suite de l'adaptation du membre thoracique à ses fonctions nouvelles, les mouvements de pronation et supination.

Le péroné ne possédant pas ces mouvements de rotation autour de l'os axial de la jambe, ne présente qu'un poids minime relativement à ce dernier et à l'ensemble du membre abdominal.

Je viens de parler seulement de rapports pondéraux, bien différents, quant à leurs chiffres et quant à leur signification, des proportions concernant la longueur. La masse des différents os se répartit plus ou moins suivant la longueur ou l'épaisseur, de façon à ce que les proportions métriques de chaque os varient beaucoup suivant les espèces.

Pour ce qui est de la différence énorme qui existe entre l'homme et les anthropoïdes sous le rapport du poids du membre supérieur comparé au poids du membre inférieur, elle se traduit, morphologiquement, par la longueur plus grande de ce dernier dans l'espèce humaine en même temps que par sa grosseur relative. Il est évident que le membre pelvien, chez l'homme, s'est adapté à la marche et à la course en même temps qu'à la station verticale, fonctions auxquelles ce membre est absolument im-

propre chez les anthropoïdes, en vertu de sa faiblesse relative et de sa brièveté. D'autres caractères anatomiques, du reste, peuvent être ajoutés aux précédents : ce sont, en particulier, la saillie du mollet et celle du grand fessier.

La grande longueur du membre thoracique chez les anthropoïdes est un caractère dont la signification physiologique est la même que celle de la grande longueur du membre inférieur chez l'homme. Il faut de grands et forts bras au singe pour cheminer vite en forêt, de même qu'il faut de longues jambes à un bipède pour marcher ou courir vite. Au point de vue de l'usage qu'il fait de son membre supérieur et de sa main dans la locomotion, l'anthropoïde méritait le nom de quadrupède bien plutôt que celui de quadrumane.

En effet, s'il saisit les branches avec ses puissantes mains qu'il peut élever à la façon de l'homme, c'est encore dans un but de locomotion, et alors même qu'il se tient uniquement debout sur ses pieds, il n'en progresse pas moins à quatre pattes.

Je rappellerai ici une autre différence de même ordre. Le membre supérieur jouit d'une plus grande liberté de mouvements chez l'homme que chez l'anthropoïde, du moins pour les mouvements exécutés de haut en bas le long du tronc. En effet, si la clavicule des anthropoïdes est à peu près aussi longue que celle de l'homme relativement à la largeur de la partie supérieure du thorax, elle l'est beaucoup moins relativement à la largeur du thorax au niveau des insertions diaphragmatiques. Le thorax des anthropoïdes est, en effet, très dilaté à sa partie inférieure.

Or, en vertu de cette forme thoracique liée à l'énorme développement des viscères qui occupent la partie supérieure de l'abdomen, les bras de l'anthropoïde ne pourraient avoir, au repos, comme ceux de l'homme, une direction verticale le long du tronc, si l'attitude de cette dernière région était elle-même verticale. En outre, les mouvements de rotation et surtout de circumduction du membre thoracique doivent être moins libres et moins étendus chez les anthropoïdes, différence en rapport, comme on le sait, avec certains caractères de l'omoplate.

En résumé, si l'on admet que l'homme ait eu pour ancêtre un singe analogue aux anthropoïdes actuels, les comparaisons faites plus haut permettent de se faire une idée des transformations subies par les membres humains. Le membre thoracique est devenu plus court, moins fort, et s'est adapté, son segment terminal en particulier, à des mouvements plus délicats. Le membre pelvien, au contraire, a conservé une masse en rapport avec la masse générale et s'est même fortifié relativement à celle-ci, puisqu'il est devenu exclusivement le soutien du reste du corps. En même temps, la cuisse et la jambe se sont allongées pour accroître la rapidité de la locomotion ; le pied et la main ont diminué de volume,

n'ayant plus à subvenir continuellement à la locomotion, au grimpement. De plus, ces organes se sont raccourcis et relativement élargis : le pied pour fournir au corps un point d'appui plus solide, la main pour donner aux articulations métacarpo-phalangiennes et aux doigts plus de liberté et d'ampleur dans les mouvements.

L'étude des anomalies musculaires apporte de nouveaux témoignages à l'appui de cette façon de concevoir l'évolution phylogénique des membres humains. D'après une statistique de Wood, M. Testut constate que les anomalies musculaires se produisent aux membres avec une fréquence plus grande que partout ailleurs, et que, dans les membres, les supérieurs présentent, à ce point de vue, une prédisposition toute particulière. De plus, sur l'un et l'autre membre, ce sont les derniers segments ou segments distaux qui sont plus particulièrement riches en dispositions anormales.

« Humphry fait remarquer avec raison, ajoute M. Testut (*Anomalies musculaires*, p. 769), que les muscles les plus fréquemment atteints par l'anomalie sont en somme ceux qui peuvent disparaître sans inconvénient, soit qu'ils puissent être facilement suppléés, soit qu'ils n'aient à remplir, dans l'organisme, qu'un rôle tout à fait secondaire.... Remarquons enfin les variations fréquentes du long fléchisseur propre du pouce, un muscle essentiellement humain.... Ne dirait-on pas, en le voyant s'éloigner si souvent de son état normal, que la nature semble vouloir le ramener à sa disposition primitive, luttant ainsi sans cesse contre l'adaptation ? »

Je considère, quant à moi, ces faits comme se rattachant à la transformation des membres dans le sens indiqué plus haut. Le membre inférieur n'a fait que s'adapter plus complètement, chez l'homme, à des fonctions qu'il possédait déjà chez l'ancêtre anthropoïde. Mais, en somme, il n'a pas changé de fonctions ; c'est pourquoi ses muscles, ayant peu varié fondamentalement, ne présentent aujourd'hui que des anomalies relativement peu nombreuses, — car les dispositions anatomiques ont d'autant moins de tendance à se modifier qu'elles sont plus anciennes. Seul le pied a perdu plus ou moins complètement, chez l'homme, son adaptation au grimpement ; c'est pourquoi il se souvient, en quelque sorte, plus souvent qu'aucun autre segment du membre pelvien, de l'état dans lequel il différait de ce qu'il est actuellement.

Le membre supérieur ayant subi, au contraire du membre pelvien, une adaption très différente de celle qu'il possédait chez l'anthropoïde, il est d'autant plus sujet au *retour* qu'il a été modifié plus profondement, — et c'est la main, le segment le plus modifié chez l'homme jusque dans la masse relative de son squelette, c'est la main qui se souvient, pour ainsi dire, le plus fréquemment d'un état antérieur.

Les chiffres que j'ai exposés dans cette note sont significatifs, bien que peu nombreux. J'aurais pu en publier un plus grand nombre concernant l'homme, mais j'ai préféré attendre de nouveaux matériaux d'étude qui me permettront de faire de nouvelles comparaisons entre le squelette de l'homme et celui des anthropoïdes.

M. le Docteur FAUVELLE

A Paris.

DES MOYENS PRATIQUES DE SE RENDRE COMPTE DU DEGRÉ D'INTELLIGENCE DES DIFFÉRENTS GROUPES ETHNIQUES

— *Séance du 17 août 1885* —

(L'auteur établit d'abord que le but principal de l'anthropologie est l'étude du développement de l'intelligence chez tous les peuples présents et passés, et qu'il existe actuellement sur la terre des hommes à toutes les périodes de l'évolution intellectuelle.)

Malheureusement cette donnée est vague, et il serait très difficile, dans l'état actuel de la science, de classer les différents peuples suivant le degré plus au moins avancé du développement de leur intelligence. On doit attribuer, à mon avis, ces résultats incomplets à deux causes principales : les préjugés et l'insuffisance de la méthode d'observation.

(Après avoir développé cette idée et montré qu'en ethnographie les études anatomiques sont réduites, pour ainsi dire, à la mensuration du squelette et du crâne en particulier, il continue ainsi :)

Quant à la physiologie, elle est absolument oubliée, et, peut-être dans la crainte de saper certains dogmes philosophiques et religieux, l'examen direct de l'intelligence, pour chaque peuple mis à l'étude, fait complètement défaut. Les voyageurs ne nous rapportent que des données excessivement vagues, et leurs appréciations varient quelquefois tellement, qu'il est impossible d'en tirer des conclusions d'une importance quelconque. Les missionnaires catholiques et protestants nous affirment souvent que les sauvages qu'ils vont évangéliser, sont intelligents et qu'il ne leur manque que l'éducation. Je veux les croire de bonne foi ; mais leurs préjugés les aveuglent et leur erreur est complète. La preuve en est facile à faire. Tous les peuples inférieurs fuient la civilisation, à laquelle leurs organes ne sont pas appropriés, et, quand ils ne peuvent s'y soustraire, elle les fait disparaître. Certaines races ont pu, il est vrai, être domesti-

quées, mais non assimilées; elles sont restées inférieures. Qui sait si leur émancipation, presque générale aujourd'hui, ne leur sera pas fatale un jour, comme elle le deviendrait certainement pour beaucoup de nos espèces domestiques, animales ou végétales ?

On m'objectera peut-être que l'industrie et les arts d'un peuple, ainsi que ses mœurs, rendent parfaitement compte de sa portée intellectuelle. Ce sont des éléments sérieux, il est vrai, mais des éléments insuffisants, tant par la manière confuse dont ils sont recueillis que par l'absence de toute interprétation. En tout cas, je ne vois aucun inconvénient à contrôler les conclusions qu'on en peut tirer par l'examen direct lorsqu'il est possible. Reste la difficulté du sujet. Le but de cette communication est de démontrer qu'il n'est pas aussi difficile qu'on le croit généralement, de doser l'intelligence d'une manière pratique et de compléter ainsi l'étude scientifique des groupes ethniques. Je crois l'occasion favorable de traiter un pareil sujet, puisque l'Association convie à ses assises annuelles tout ce que la France contient d'anthropologistes, depuis les plus modestes jusqu'aux plus autorisés par leur savoir et leur expérience. Précisons d'abord ce que l'on doit entendre par l'intelligence et quel en est le siège.

L'intelligence est la caractéristique du règne animal. Depuis l'invertébré le plus inférieur jusqu'au plus élevé des primates, elle se manifeste par la perception et le souvenir d'excitations reçues et par des mouvements spontanés et réglés ; en d'autres termes, par la *Mémoire* et la *Volonté*. A peine indiquée chez les protozoaires, elle atteint son maximum de développement chez l'homme civilisé; elle a pour siège la substance nerveuse qui, d'abord confondue avec les autres matières protoplasmiques, s'en sépare graduellement chez les métazoaires. Cette substance prend alors la forme de cellules maintenues en rapport direct avec les autres éléments actifs à l'aide de prolongements de leur substance, connus sous le nom de nerfs. Ces cellules, ou mieux globules, vont en se différenciant et se multipliant plus ou moins, au fur et à mesure qu'on s'élève dans les différentes séries zoologiques.

La différenciation ne s'arrête pas à l'isolement de la substance nerveuse en général; les cellules elles-mêmes se différencient entre elles, si bien que chez les animaux supérieurs on en distingue trois espèces qui diffèrent par leurs propriétés spéciales, savoir : les cellules des ganglions splanchniques, les cellules de l'axe gris médullaire et les cellules cérébrales. Ce sont ces dernières qui, chez les vertébrés, constituent le cerveau et sont le siège de l'intelligence. Elles sont en rapport avec les muscles par l'entremise des nerfs centrifuges, et avec le monde extérieur directement par les organes des sens, et indirectement par la moelle à l'aide des nerfs centripètes.

Mais le système nerveux, en tant que matière, ne suffit pas pour pro-

duire les phénomènes qui lui sont propres : le développement d'une des formes de l'énergie est indispensable, et ici, comme partout, c'est l'oxygène qui est chargé de la dégager. Ce gaz est continuellement amené dans l'intimité des tissus nerveux par les globules sanguins, et son action comburante produit cette forme spéciale de l'énergie connue sous le nom d'*Influx nerveux*. Sous l'influence de l'excitation des extrémités périphériques des nerfs centripètes, cet influx nerveux se manifeste sous forme de courants qui se rendent, par l'entremise des nerfs centrifuges, aux organes actifs de l'économie, où il se transforme en mouvement sur les muscles, en combinaisons chimiques dans les glandes, en électricité dans les organes spéciaux de la torpille et de la gymnote et en lumière dans les appareils phosphorescents de divers animaux, et notamment de certains poissons des grandes profondeurs.

Dans les appareils ganglionnaires et spinaux la marche du courant nerveux est régulière, continue et même fatale. Il n'en est plus de même dans l'appareil cérébral, et c'est alors qu'apparaissent les manifestations de l'intelligence.

Les cellules réceptrices des nerfs centripètes sont douées d'un pouvoir accumulateur de l'influx nerveux, et sous l'influence de cette accumulation, elles reçoivent une impression persistante en rapport avec la nature de l'excitation, impression qui se traduit d'abord par une sensation, puis par son souvenir. Les cellules motrices ont, de leur côté, le pouvoir d'interrompre les courants nerveux ou de les laisser passer dans les proportions nécessaires ; elles sont donc maîtresses des mouvements. Ces deux propriétés des cellules cérébrales constituent la *Mémoire* et la *Volonté*, d'où découlent tous les phénomènes intellectuels, comme nous allons le démontrer.

Dans le cas le plus simple, la sensation une fois perçue, le courant continue sa marche vers une ou plusieurs cellules volitives qui le laissent passer en tout ou partie dans la direction de certains muscles où se produit une contraction volontaire. Mais lorsque deux ou plusieurs sensations, soit actuelles, soit à l'état de souvenir, sont perçues en même temps, il en résulte forcément une comparaison, un jugement qui constituent une idée, l'idée de l'objet qui les a produites. Les courants, partis des cellules sensitives, convergent alors vers un nouvel élément et y fixent l'impression de l'idée dont le souvenir persistera, puis parviennent aux cellules volitives.

Par suite de la présence simultanée de plusieurs idées se produisent de nouvelles comparaisons, de nouveaux jugements, qui donnent lieu à des idées plus complexes, et que les courants, de plus en plus concentrés, fixent à leur tour sur d'autres éléments sensitifs, si toutefois il s'en trouve encore de libres; et ainsi de suite. Toujours l'opération intellectuelle peut se terminer tôt ou tard par un mouvement volontaire, à moins que les

courants ne soient épuisés par la production successive d'impressions. En tout cas, pour la production des idées, la première condition est la présence d'un nombre considérable d'éléments sensitifs. Le degré d'intelligence est donc en rapport avec l'étendue et l'épaisseur de la couche cellulaire de substance grise des hémisphères cérébraux. C'est ce que Broca a démontré pour la série des vertébrés, et ce que l'on peut vérifier au Musée de l'École d'anthropologie de Paris.

Ce schema anatomique et physiologique de l'intelligence étant bien compris, il est facile d'en tirer des conséquences pratiques pour la mensuration intellectuelle des différents groupes ethniques.

Au point de vue anatomique, il faut débuter par l'examen des organes des sens ; puis viendra l'étude des hémisphères cérébraux. Il serait très désirable que l'on parvînt à mesurer exactement l'étendue de leur surface extérieure, le nombre, le volume et les dimensions des circonvolutions. Avec un nombre suffisant d'observations, on arriverait à des moyennes du plus grand intérêt. L'important est l'exactitude des mesures, car, lorsqu'il s'agit de simples nuances, des erreurs, même minimes, peuvent compromettre le résultat. Il ne faut pas, en effet, s'attendre à rencontrer entre les groupes ethniques des différences semblables à celles que l'on constate, par exemple, entre le cerveau d'un carnassier et celui d'un primate.

La structure histologique du siège de l'intelligence est encore pleine d'obscurité, et toute étude comparative est actuellement impossible; mais, macroscopiquement, on sait que l'écorce du cerveau comprend différentes couches alternatives de substance blanche et de substance grise dont, pour un point donné de la surface, le nombre et l'épaisseur sont connus chez le parisien actuel. Une étude comparative pourra donc fournir des résultats peut-être inespérés.

Ces recherches nécessitent, il est vrai, des travaux de laboratoire qui ne sont guère faciles pour les voyageurs qui vont observer sur place les différents peuples encore à l'état sauvage. Aussi tout ce qu'on peut leur demander, c'est de recueillir les organes et de les mettre à l'abri de la décomposition dans un liquide conservateur approprié, qui permettra des recherches ultérieures, soit de la part de l'observateur lui-même, soit dans les laboratoires d'anthropologie.

L'examen direct de la fonction cérébrale est plus facile et à la portée de tous les hommes instruits qui entreprennent des explorations anthropologiques; si ce sont des médecins, et par conséquent des physiologistes, les résultats seront encore plus complets. Les organes des sens étant le point de départ de tous les phénomènes intellectuels, il faut d'abord se rendre compte de leur puissance respective. On passera successivement en revue la sensibilité générale, le toucher, la vue, l'ouïe, l'odorat et le goût. Ainsi on cherchera à se rendre compte de l'étendue du *cercle de sensation* sur

les différentes parties du corps à l'aide du compas de Weber, de la finesse du toucher digital par l'importance des rugosités qu'il peut percevoir, des limites de l'appréciation des températures, du nombre et de la nature des substances sapides, abstraction faite de l'odorat, des nombres maxima et minima de vibrations nécessaires pour impressionner l'oreille, enfin de la portée des organes visuels et de leur sensibilité aux diverses nuances du spectre. Puis on recherchera les idées simples que chacun des sens peut fournir seul ou de concert avec son allié le plus habituel : telles, par exemple, les combinaisons culinaires, le chant et les instruments de musique, l'appréciation des dimensions, des profondeurs, des aspérités, des perspectives, le développement de l'art du dessin ou de la peinture. Passant ensuite aux idées plus complexes, on s'assurera s'il existe des éléments plus ou moins informes de classification des animaux, des plantes et des minéraux de la contrée, des notions de météorologie, de cosmographie et de cosmogonie. Je ne parle pas des superstitions, ce sont les seules idées ordinairement recherchées. L'état social permettra de se rendre compte du développement des idées de sociologie. On s'appliquera à distinguer, parmi toutes les productions de l'esprit, celles qui sont nées de l'expérience et celles qui sont transmises par la tradition. Pour toutes ces études, la langue parlée et surtout écrite sera d'un grand secours, non seulement par les mots qu'elle peut fournir, mais encore par son degré d'évolution. On cherchera aussi à apprécier la mémoire, c'est-à-dire le degré d'impressionnabilité des cellules sensitives et la persistance de ces impressions, puis la volonté, c'est-à-dire dans quelles proportions les peuples en observation sont maîtres de leurs mouvements. Les résultats de l'industrie ne peuvent suffire sur ce dernier point, car les objets fabriqués peuvent l'être avec plus ou moins d'habileté et de décision, ou bien après des tâtonnements plus ou moins prolongés : pour juger, il faut voir l'homme à l'œuvre. Enfin on pourrait spécifier la quantité d'influx nerveux dégagé ordinairement par chaque individu, ce qui se traduit par l'apathie ou l'entrain, l'irritabilité, la résistance aux fatigues, etc.

Ce n'est pas le lieu de dresser un programme détaillé des questions à résoudre pour arriver au dosage de l'intelligence d'une peuplade ou d'un groupe ethnique quelconque. Ce programme devra être élaboré par les différentes sociétés d'anthropologie auxquelles les voyageurs s'adressent ordinairement, avant d'entreprendre leurs explorations, pour recevoir les instructions qui devront les guider dans leurs recherches. Tout ce que je puis demander à la section d'Anthropologie de l'Association française, c'est d'approuver les idées que je viens de lui soumettre, et de leur donner par sa haute compétence l'autorité qui fait complètement défaut à leur auteur.

M. le Docteur E. MAGITOT

DE LA CITÉ SOUTERRAINE DE COMBPERET (PUY-DE-DOME)

— *Séance du 17 août 1885* —

Dans la dernière session de l'Association française, à Blois, en 1884 (1), nous avons communiqué la découverte que nous croyons avoir faite avec notre excellent ami le Dr Tardieu, d'Aurières, d'une vaste cité humaine située sur les flancs du puy de Combperet, à une altitude de 1,400 mètres, non loin du lac Servières.

Cette cité se faisait remarquer par l'accumulation vraiment extraordinaire de fosses à ciel ouvert, occupant une surface de plusieurs kilomètres carrés, disposées en séries parallèles, alignées, serrées les unes contre les autres, tandis qu'au centre de la cité était ménagé un vaste emplacement libre, d'une dimension de 4 à 5 hectares, et formant comme une sorte de place publique. Nous avons donné d'ailleurs dans notre premier mémoire les dispositions générales, l'orientation et les limites de la station de Combperet ; nous n'y reviendrons pas.

Signalé par plusieurs archéologues de l'Auvergne, MM. Mathieu et Pommerol, par exemple, ce système d'habitations humaines, en forme de fosses, avait déjà attiré l'attention sur d'autres points du pays. C'est ainsi que des agglomérations de constructions, comparables, jusqu'à un certain point, à Combperet, ont été relevées et décrites par nos collègues aux Chazaloux, à Villars, à Chignor, à Saint-Nectaire, etc.

Toutefois, les désignations qu'emploient les auteurs laissent pressentir les dissidences qui les séparent sur la détermination, la nature et l'âge de ces constructions.

Dans un premier travail (2), M. Mathieu considère la cité des Chazaloux comme une station préhistorique, ce que semblent confirmer au premier abord les objets de bronze ou de pierre qu'il avait trouvés dans son voisinage. Dans un second mémoire, présenté au Congrès de Clermont en 1876, M. Mathieu devient toutefois moins affirmatif devant les opinions émises au Congrès par MM. Ollier de Marichard, Pommerol et de Mortillet.

Enfin, notre collègue M. Pommerol a consacré plusieurs mémoires et de nombreuses fouilles à l'étude des stations de Saint-Nectaire, de Villars, de Chignor, qu'il désigne sous le nom de *cités en pierres sèches*.

(1) Voir Comptes rendus de la session de Blois, p. * 199).
(2) *L'Auvergne préhistorique*, Clermont, 1873.

Assurément, la cité de Combperet présente au premier abord quelques analogies avec celles qui ont été décrites et en semble tout au moins contemporaine, mais, d'autre part, elle en diffère par plusieurs dispositions.

Nulle part, en effet, on n'a rencontré une si grande accumulation d'habitats effondrés; nulle part ils n'étaient si parfaitement alignés.

Les matériaux de construction différaient essentiellement, puisque la pierre, largement utilisée aux Chazaloux et à Saint-Nectaire, est fort rare à Combperet, et que sur la plus grande partie de la cité on n'en trouve pas trace. D'autres différences se remarquent encore, ainsi qu'on le verra dans la construction de la case, et surtout de sa toiture. C'est pour ces raisons que nous n'avons pas cru devoir désigner la cité de Combperet sous les termes de *cité vulcanienne*, *cité mégalithique*, *fosses à ciel ouvert*, *cité en pierres sèches;* le nom de *cité souterraine* nous paraissant convenir beaucoup plus exactement à la station de Combperet.

A Combperet, les cases ou habitats peuvent se distinguer en trois catégories: les cases ordinaires, celles des habitants quelconques; les cases plus grandes, isolées, cases des chefs; enfin les cases doubles, composées de deux chambres placées l'une devant l'autre, et réunies par le même couloir d'accès.

Décrivons d'abord la case ordinaire:

C'est une excavation quadrilatère que nos fouilles ont reconstituée d'une façon complète: sa profondeur varie de 2 à 5 mètres, suivant l'inclinaison du terrain, les côtés ayant 6 mètres sur la grande largeur et 4 mètres sur l'autre.

Le sol, parfaitement horizontal, était formé d'une sorte de béton fort dur, composé d'argile battue avec des débris de basalte. Des quatre angles, les deux postérieurs étaient libres, sauf quelques objets divers qui y ont été trouvés. Les deux antérieurs étaient occupés: l'un, celui de droite, par l'entrée du couloir dont le sol était de niveau à la fois avec celui de la chambre et avec le sol extérieur; l'autre, celui de gauche, était occupé par le foyer; ce dernier était reconnaissable à quelques pierres plates noircies par le feu, à des charbons ou branchages à demi carbonisés, et à quelques débris de cuisine, ossements d'animaux domestiques, etc. Au milieu de la chambre s'observait parfois une pierre plate destinée à servir de siège, tandis que sur les parois on remarque quelques saillies de terre non remaniée, et formant des sortes de banquettes. Le couloir d'accès a une largeur de 50 centimètres environ, taillé à pic dans le terrain, et ayant le même sol battu composé de débris de basalte et d'argile rouge provenant d'un gisement voisin de Combperet (Vernines).

La hauteur du couloir ne devait pas dépasser un mètre, et il fallait nécessairement ramper pour y entrer. Quant à sa longueur, elle variait

suivant l'inclinaison du terrain, car le sol restait toujours horizontal, de sorte que, suivant certaines pentes, le couloir pouvait atteindre de 20 à 30 mètres.

La toiture de la case, qui, aux Chazaloux et à Villars, avait été trouvée composée de branchages et de mottes gazonnées, était à Combperet un peu plus compliquée. Nous l'avons reconstituée en recueillant couche par couche ses éléments effondrés au centre de la fosse.

C'étaient d'abord des branchages empruntés presque invariablement à une seule espèce végétale, le *viorne* (viburnum), arbrisseau qui ne se retrouve plus, du reste, dans la contrée, soit que les changements climatériques ou la main de l'homme l'aient fait disparaître.

Au-dessus de cette couche de branchages se trouvait un revêtement d'argile rouge de la même provenance que celle du sol, mais façonnée en manière de plaques ou de tuiles grossières, séchées au soleil, acquérant dans les terrains humides une friabilité extrême. Quelques-uns de ces fragments d'argile semblent munis d'une saillie ou bouton d'arrêt.

Enfin, au-dessus de ce revêtement d'argile venait se placer la couche des mottes gazonnées recouvrant les habitations, et les dissimulant de loin sous l'aspect général d'une prairie légèrement mamelonnée.

De même que nous n'avons rencontré au niveau du foyer aucune trace de cheminée ou de tuyau d'échappement de gaz, de même la toiture ne présentait aucune ouverture particulière ; la fumée passait ainsi par les interstices mal joints [de la toiture.

Telle est la constitution d'une case ordinaire de Combperet.

Les grandes cases ne différaient de celle-ci que par leurs seules dimensions atteignant 8 à 10 mètres sur 5 à 6 dans l'autre sens.

Quant aux cases doubles, elles étaient de grandeur inégale, la première étant d'un tiers ou de moitié plus petite que l'autre, mais desservies l'une et l'autre par le même couloir d'accès placé à l'angle droit et antérieur de la case.

Dans cette disposition, la première case, la plus petite, était consacrée au foyer, qui se trouvait, non dans un angle, mais au milieu de la paroi opposée au passage du couloir ; des pierres noircies avec débris de charbon, ossements d'animaux domestiques, en indiquent nettement la place, mais toujours point de cheminée conduisant la fumée jusqu'à la toiture.

La grande case, faisant suite à cette dernière, était alors consacrée à l'habitation proprement dite, et c'est dans celle-ci que nous avons trouvé des pierres plates au centre, et quelques banquettes de terre sur les parois.

Quant au mobilier recueilli, en voici une énumération sommaire : un fragment de fer à cheval, un clou du fer de cheval, un débris d'ornement en bronze, des débris nombreux d'argile modelée, mais non cuite et provenant de la toiture, d'autres débris de poterie cuite, très dure, avec

quelques bords arrondis et certains ornements rudimentaires, un aiguisoir avec trou de suspension, un autre en lave, une fusaïole en argile cuite très dure, etc.

Les débris osseux appartenaient à nos espèces domestiques : bœuf, mouton, cheval.

Quant aux instruments ou objets de silex, de quartzite, de lave, ou autres, nous devons avouer que nous n'en avons rencontré aucun dans les fosses elles-mêmes, mais bien dans leur voisinage ; aussi nous croyons-nous en mesure d'affirmer aujourd'hui, conformément à l'opinion de M. de Mortillet, que ces objets ne sont nullement contemporains de la cité, mais d'une époque bien antérieure.

Quel était le mode de sépulture des habitants de Combperet ? C'est là une question qui ne laisse pas de demeurer fort obscure.

Au premier abord, nous n'éprouvions aucune hésitation, car nous avions remarqué que le plus grand nombre des cases de Combperet étaient précédées d'un petit monticule ovalaire ou circulaire, recouvert de quelques pierres brutes plus ou moins éboulées, et attestant, à n'en pas douter, un sol remanié de main humaine.

Neuf de ces monticules ont été fouillés avec la plus grande attention : le terrain avait été remué dans une profondeur de 1 mètre à 1^{m},20, sur 60 à 80 centimètres de largeur. Aucune trace d'incinération sur place, aucun débris d'ossement ou d'ornementation ne s'est rencontré ; seulement, vers le milieu de la masse de terre remaniée, les ouvriers ont presque toujours aperçu une petite poignée de cendre noire, carbonisée, dans laquelle nous n'avons distingué toutefois aucun vestige d'ossements.

Quel était l'usage de ces monticules ? A l'incinération sur place, il n'y faut pas songer. Une hypothèse nous reste : elle consisterait à admettre que les cadavres étaient incinérés à l'air libre, et que leurs cendres ou seulement une partie de celles-ci étaient recueillies et placées ainsi au centre du monticule comme dans une sorte de fosse sépulcrale.

Nous ignorons si nos collègues accepteront cette explication, ou si l'avenir nous réserve une autre interprétation, mais en l'absence de celle que nous proposons, nous ne saurions dire actuellement quel était le mode funéraire des habitants de Combperet. Nous ajouterons que nos collègues MM. Mathieu et Pommerol sont muets, de leur côté, sur le même problème, à l'égard des cités de Chazaloux, de Villars et autres.

Quoi qu'il en soit, il ressort une autre conséquence des fouilles de Combperet, c'est l'état précaire et misérable des populations qui vivaient ainsi dans les cités souterraines : pas de monnaies, point d'armes, nul ornement, une industrie très grossière ou absente ; en un mot, un état d'infériorité tel qu'il peut se rencontrer chez le plus pauvre des peuples pasteurs.

En ce qui concerne la chronologie de Combperet, elle est assez difficile à fixer.

Le système des habitations souterraines se rencontre un peu partout au début des civilisations humaines. C'est une tradition qui se retrouve dans divers auteurs anciens. Tacite (1), par exemple, donne le nom de *specus subterraneos*, aux tanières où les Germains se réfugiaient en hiver. Florus (2) mentionne, de son côté, les *speluncæ* où les Aquitains cherchèrent un refuge contre les légions de César. Mais la description qui se rapproche le plus de nos cités souterraines est celle de Strabon (3), qui attribue aux Gaulois la construction d'abris creusés en terre et recouverts de troncs d'arbres et de feuillages.

Dans les temps plus récents, nous retrouvons des constructions analogues. Tels seraient encore le *Tugurium*, hutte grossière du paysan de la campagne romaine (4), les huttes à toiture gazonnée des Islandais (5), celles des peuples méridionaux de la Nouvelle-Hollande, etc.

Pour la région de l'Auvergne, en particulier, les cités des Chazaloux, de Villars, de Saint-Nectaire, de Combperet se rattachent à un même système d'habitats, refuges ou *caches* dont les documents historiques nous donnent l'explication.

En effet, après la conquête de César, une ère barbare qui commence à la fin du v[e] siècle amène en Arvernie des invasions successives de Burgondes, de Francs, de Visigoths qui ravagèrent de fond en comble l'Auvergne, et Clermont en particulier. Or, tous les habitants émigrèrent vers les hauteurs, et la ville resta déserte durant vingt et un ans. C'est alors que l'évêque Étienne, pour ramener les habitants à leurs demeures, fit construire dans un faubourg de la ville une grande quantité de huttes souterraines, dont le quartier a conservé le nom de *Las Crotas*.

Combperet appartient à cette ère barbare. Il fut un centre d'émigration pour une population qu'il ne faut pas estimer à moins de plusieurs milliers d'individus, qui vécurent ainsi pendant bien des années dans de véritables tanières.

Telle est l'histoire de la cité souterraine de Combperet et ainsi se trouve confirmée l'opinion émise au Congrès de Clermont, en 1876, par M. de Mortillet, qui fixa la date de ces habitations à la fin de l'époque Champdolienne, c'est-à-dire postérieurement à l'occupation romaine en Gaule.

Aucune contemporanéité n'est donc admise entre les fosses de Combperet et les objets de pierre que nous avons recueillis, soit sur le même emplacement, soit dans le voisinage. Ceux-ci sont d'une époque antérieure,

(1) Tacite, *Germ.*, 16.
(2) Florus, liv. III, 10.
(3) Strabon, Cf. liv. LXXV, 6.
(4) A. Rich, *Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines.*
(5) *Hist. nat. de l'Islande.*

et les points où ils se rencontrent en abondance s'éloignent notablement de cette station.

D'où proviennent ces objets qui rappellent l'âge néolithique? C'est ce que nous n'avons pas encore déterminé d'une manière précise. Dans nos prévisions, ils appartiennent à d'autres gisements humains, grottes ou cavernes, que le temps ne nous a pas permis de rechercher et de décrire. Il en est de même des palafittes, dont le lac Servières contient peut être des vestiges (1).

De nouvelles recherches sont donc nécessaires pour découvrir quel es le centre d'activité de cette autre civilisation. Provisoirement, nous la rattacherons au puy d'Augères, point où ont été recueillis le plus grand nombre d'objets.

Si donc la question de Combperet est close, un autre problème surgit à son côté qui appartient à l'époque néolithique et qui sera ultérieurement l'objet de nouvelles recherches et d'une autre communication à la session prochaine.

NOTE ADDITIONNELLE.

Nous croyons devoir faire connaître, à la suite de ce travail, l'opinion personnelle de notre collaborateur le Dr Tardieu, qui a résumé ses idées sur Combperet dans la note suivante :

I. Outre la station principale de Combperet, il y a une infinité d'autres cases dans tout le massif montagneux du Mont-Dore.

On en trouve en tous les points un peu abrités, au voisinage des sources ou des ruisseaux.

Généralement, les cases tournent le dos à l'ouest ou au sud-ouest, ce qui indique qu'à cette époque les courants équatoriaux et polaires étaient comme de nos jours.

II. Ces cases sont disséminées à des altitudes variant de 1,200 à 1,600 mètres. Il est certains points où, de nos jours, l'homme aurait peine à passer l'hiver.

III. Les principaux groupes de cases après ceux de Combperet sont :

1° La montagne de Mareuge, en face Pessade ; 2° l'origine du ruisseau de Mareuge ; 3° l'origine du ruisseau de Beaune-le-Froid ; 4° le voisinage du lac de Guery ; 5° la montagne du Train ; 6° le côté est de la roche Sanadoire ; 7° le côté midi et est de la banc d'Ordanche ; 8° des cases sont disséminées un peu partout, sur les montagnes de la Tache, le puy de l'Angle, le puy Gros, les montagnes qui sont à l'ouest du côté de Latour.

IV. La cité de Combperet et ses succursales n'ont pas été habitées d'une manière provisoire par des populations refoulées.

En effet : 1° on ne trouve rien qui indique un état de défense. Tout au plus à Combperet, en un point, trouve-t-on un rudiment de mur de ceinture ;

2° Les habitants de Combperet ont dû y séjourner très longtemps, probablement des siècles ; car l'altitude de toutes ces cases est celle de la bruyère. La

(1) Depuis la lecture de ce travail, nous avons entrepris des recherches dans le lac Servières avec l'aide d'un jeune et ardent explorateur, M. François Madeuf, du Mont-Dore. Ces recherches ayant consisté en une série de tranchées pratiquées sur ses bords et en draguages nombreux, n'ont amené aucun résultat. Il nous paraît ainsi démontré que ce lac ne renferme aucune trace de palafittes.

bruyère pousse partout où il n'y a pas de cases. A l'endroit où il y a des cases au contraire, il y a de l'herbe, très bonne herbe, qui fait la qualité recherchée de ces montagnes comme pacages. Or, la bruyère a été détruite par le piétinement et les débris azotés de l'homme. Ce qui a dû exiger des siècles de résidence. En outre, les chemins de Combperet et des diverses stations voisines, chemins convergents vers Combperet et non suivis aujourd'hui, indiquent, par leur configuration, leur forme souvent creusée très profondément, qu'ils ont été pratiqués pendant des siècles.

V. Quelle race a habité Combperet? Probablement ce sont les ancêtres des habitants même des montagnes d'Auvergne.

Pour être fixé absolument sur ce point, il faudrait savoir si l'on trouve des cases analogues en Bretagne. Voici pourquoi:

Les habitants de nos montagnes sont de même race et de même origine que ceux de la Bretagne, environs de Rennes.

Alors que j'étais interne des Enfants assistés, en 1868, j'ai vu des nourrices bretonnes causer avec des nourrices de nos montagnes, dans leur patois. De plus, même costume, même forme de seins, même craniologie, etc.

Donc, si on trouvait des cases comme celle de Combperet en Bretagne, on aurait des probabilités pour admettre ma proposition.

La population de Combperet et de ses succursales a dû être approximativement de 25 à 30 mille âmes.

VI. On ne trouve rien dans les souvenirs du pays qui rappelle une origine venant de Combperet.

S'il s'agissait de cité gallo-romaine ou gauloise, ce serait le contraire. D'ordinaire les souvenirs locaux les rappellent.

La race du canton de Rochefort, où est en partie Combperet, est une race qui ne s'est guère mêlée aux Romains. On peut, dans ce canton et les cantons voisins, distinguer les races suivantes (je parle après une expérience de douze ans aux conseils de revision); il y a :

1° Les Romains, type brun, large de poitrine et d'épaules; développés de bonne heure;

2° Les Gaulois, ou mieux, les Celtes (il faudrait mieux s'entendre que l'on ne le fait sur ces deux noms), type blond ou châtain clair, aspect féminin, développement tardif, étroit de poitrine, jambes grêles et, malgré cela, marchant très bien et plus fort que les apparences; à 21 ans, organes peu développés;

3° Le Gallo-Romain, fusion des deux types ci-dessus, généralement les plus beaux hommes;

4° Le Germain, blond ardent, absolument différent des autres, assez fort et développé à 21 ans;

La race du canton de Rochefort est-elle celte ou gauloise? Je crois que l'on n'est pas d'accord sur ces noms, je me contente de répondre que, celte ou gauloise, la race du canton de Rochefort est une race primitive, aborigène, qui ne s'est pas fondue dans le Germain et le Romain.

M. le Docteur Fr. POMMEROL

A Gerzat (Puy-de-Dôme).

POTERIE ET PARURE NÉOLITHIQUES

— *Séance du 17 août 1885* —

Aux sessions de Reims et de la Rochelle, nous avons appelé l'attention sur des objets trouvés dans une station des temps néolithiques, près de Cébazat (Puy-de-Dôme). Nous présentons aujourd'hui les résultats de découvertes nouvelles qui consistent en échantillons de poterie et en une série d'ossements percés ou de pendeloques formant une véritable parure.

I

Les poteries appartiennent à deux vases presque complets. Le premier a la forme de notre pot vulgaire, et sa hauteur est de 13 centimètres. La



Fig. 77.

panse est saillante supérieurement; elle va se confondant insensiblement avec la base, qui est plane et à peine détachée. Il porte une anse demi-cir-

culaire, dont l'ouverture est plus large d'un côté que de l'autre. On dirait que, pour la façonner, l'ouvrier a appliqué la pâte sur son index gauche, tandis qu'il la modelait de la main droite. Sur le côté opposé à l'anse, le fond du vase est usé assez fortement. On trouve ce caractère sur le pot actuel du paysan, si le pot a servi longtemps. Il provient du frottement répété du vase contre la pierre de l'âtre, quand on le pousse dans les cendres du brasier. Ainsi devait faire l'homme préhistorique en mettant au feu sa vaisselle grossière; il écartait la cendre pour asseoir solidement le vase sur le sol du foyer. La pâte dont il est fait est fine, d'un brun noirâtre; les parois sont très unies. Il lui manque la moitié du col et il a dû être longtemps en usage. (Fig. 77.)

Le second vase est d'une pâte très grossière dont la couleur est gris-noirâtre ; il est fait avec peu d'habileté et a la forme d'un bol. Les empreintes



Fig. 78.

des doigts sur la pâte sont visibles; on y remarque de nombreux petits sillons souvent parallèles, prouvant que le vase a été lissé avec une simple poignée d'herbes. Il est asymétrique, à fond plat, irrégulièrement circulaire; sa hauteur est de 8 centimètres, et son bord supérieur est fracturé. (Fig. 78.)

Ces vases ont la plus grande analogie avec ceux que l'on trouve dans les dolmens, les grottes sépulcrales et les cités lacustres.

II

La parure consiste en une série de petites pièces osseuses percées à une de leurs extrémités et destinées à être portées sur la personne. Je la dois à l'obligeance de mes amis, M. Barre, maire de Cébazat, et M. le Dr Petit, médecin consultant à Royat. Elle comprend quarante-trois pièces qui ont toutes été trouvées réunies sous une couche de limon épaisse d'environ

1m,50. Elles devaient être autrefois attachées les unes aux autres par un lien suspenseur qu'un long séjour dans la terre humide aura fait disparaître. Vingt-huit spécimens appartiennent au chien domestique, treize au cochon et deux au bœuf.

Les ossements de chiens comprennent onze métacarpiens, quinze métatarsiens, et deux autres spécimens, appartenant au métatarse ou au métacarpe, n'ont pu, à cause de leur état incomplet, être déterminés d'une manière plus précise. Une étude anatomique attentive nous a permis de les classer suivant l'ordre qu'ils occupent dans leurs régions respectives. Ils se rapportent aux pattes d'au moins quatre individus. Les cinquièmes métacarpiens et métatarsiens ne sont pas représentés, nous en verrons la raison.

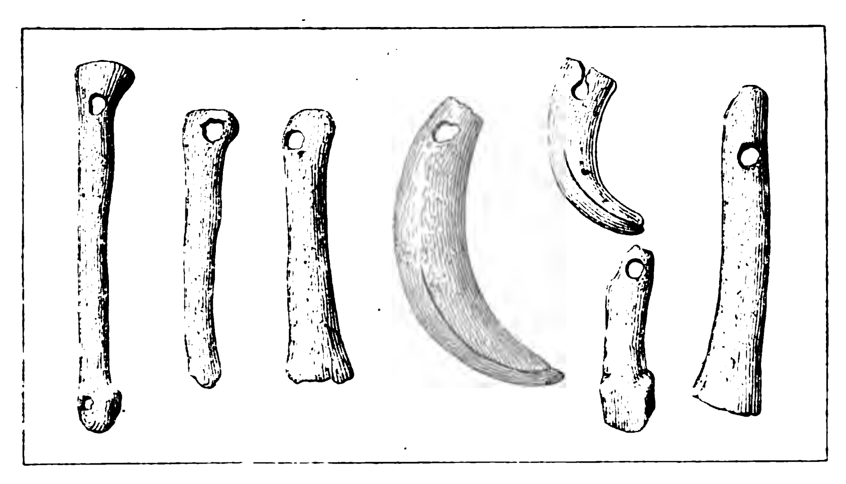


Fig. 79.

Les ossements percés de cochon se décomposent ainsi : six métatarsiens et deux métacarpiens latéraux ou postérieurs, plus cinq défenses ou canines. Quatre individus au moins.

Les ossements de bœuf sont une incisive latérale et une incisive médiane gauche. Au moins un individu.

Le trou de suspension dont est percé chaque spécimen est placé à une distance de l'extrémité articulaire variant de 1 à 13 millimètres ; sur les métatarsiens et les métacarpiens, il se trouve toujours situé du côté des extrémités tarsienne ou carpienne, excepté sur un seul métatarsien de *Sus*, le latéral externe du pied droit, qui est percé près de l'extrémité phalangienne. Les défenses de *Sus* et les incisives de *Bos* sont percées à l'extrémité de la racine ou partie alvéolaire de la dent. (Fig. 79.)

Le plus souvent le trou de suspension est un véritable petit canal régulier dont le diamètre ordinaire est de 4 millimètres, mais qui peut

aller jusqu'à 6 et même descendre jusqu'à 3 millimètres. Quelquefois ce canal est évasé de chaque côté et la partie centrale est alors la plus étroite; d'autres fois il est irrégulier, sinueux, quand les deux trous n'ont pas été percés exactement en regard l'un de l'autre. Pour rendre le forage moins difficile, l'extrémité à percer de la plupart des spécimens a été usée fortement sur un polissoir. En certains cas, on l'amincissait et on la creusait transversalement avec une lame de silex ou sur le bord tranchant de la pierre à polir, à l'endroit même où le forage devait s'opérer. Les cinquièmes métatarsiens et métacarpiens de chien ayant des extrémités articulaires très épaisses ont été laissés de côté à cause des difficultés de travail qu'ils présentaient.

Quelques-unes de ces pendeloques ont un trou de suspension très usé et par cela même ayant acquis une forme ovale. Quelquefois c'est l'extrémité inférieure ou flottante qui porte les plus grandes marques d'usure. On constate que les unes ont été portées plus longtemps que d'autres. Quand une pendeloque venait à se briser, on la remplaçait par une nouvelle récemment fabriquée.

De tout temps les tribus les plus sauvages comme les peuples les plus civilisés ont aimé la parure. Dans toutes les stations anciennes on trouve des dents et des ossements percés. Mais ce n'est que très rarement que l'explorateur a la bonne fortune de mettre la main sur un nombre considérable de pièces composant une parure complète. Le docteur F. Keller et M. de Mortillet ont représenté des métatarsiens ou des métacarpiens de chien et des canines de *Sus* percés de la même manière que nos spécimens de Cébazat. Les ossements percés et réunis en parure sont encore en usage parmi les sauvages modernes. En Italie M. de Mortillet a trouvé des canines de *Sus* montées en argent, destinées à faciliter la dentition des jeunes enfants, ou à les préserver des mauvais esprits.

Parmi ces pendeloques, il ne se trouve que des ossements de pattes ou des dents. Ne seraient-elles pas un trophée de chasse? Nous ne le pensons pas, par la raison que le chien, le porc et le bœuf étaient des animaux domestiqués aux temps néolithiques. Un certain culte a toujours été attaché aux pattes et aux dents des animaux tués à la chasse. De nos jours, quand des chasseurs veulent honorer une personne de leur compagnie, ils lui offrent le pied de l'animal abattu. Les paysans clouent encore à la porte de leur maison ou de leur grange la patte des bêtes fauves. Les anciens Gaulois pendaient aussi à l'extérieur de la hutte les dépouilles des animaux et la tête des ennemis.

Cette parure n'avait-elle pas un sens symbolique, une vertu surnaturelle, et les pendeloques ne seraient-elles pas des amulettes? Les peuples primitifs ont toujours rendu un culte grossier aux choses dont ils retiraient de grands avantages. Le porc et le bœuf servaient à leur nourriture

journalière; le chien gardait la personne et les troupeaux. Ces animaux ont aidé grandement l'homme à traverser les phases difficiles des temps antiques. Et c'est sans doute par suite d'une idée de reconnaissance que les Gaulois mettaient l'image du sanglier sur leurs enseignes militaires.

Il est aussi très intéressant d'étudier ces pièces osseuses au simple point de vue anatomique. Les dents de bœuf se rapportent à une petite espèce analogue à celle que Rütimeyer a appelée le bœuf des marais. Les os de *Sus* appartiennent tous à de jeunes individus ; ils sont assez semblables à ceux du sanglier ou du cochon domestiqué de forte taille.

Les ossements de chien annoncent un animal de taille moyenne, fort et agile. Ils présentent un caractère qui ne se trouve pas sur les os analogues du loup, du renard et du chien actuel : c'est un aplatissement très prononcé dans le sens antéro-postérieur. Nous proposerions, à cause de cette conformation spéciale, d'appeler ce chien néolithique : *Canis familiaris palustris*, le chien des marais.

M. L. GUIGNARD

Vice-Président de la Société d'Histoire naturelle de Loir-et-Cher, à Chouzy.

UN ATELIER DE SILEX A CHOUZY (LOIR-ET-CHER)

— *Séance du 17 août 1885* —

Depuis l'an dernier, nous avons pu constater plusieurs stations préhistoriques nouvelles sur le territoire du département de Loir-et-Cher.

Un couteau moustérien a été ramassé par nous à Vineuil-les-Blois, le long de la forêt de Russy. Plusieurs autres ont été également rencontrés à Villermain, dans le bois de Bierre et le long du taillis de ce nom ; quelques-uns ont été soulevés par la charrue sur les territoires de Lorges, de Mer et de Suèvres. Nous en avons relevé à Soings, près de deux mottes d'apparence celtique dites les Montangeon. Nous en avons pareillement trouvé sur la rive droite de la Loire, à Bury, commune de Chambon; à Orchaise, le long du coteau près de la grotte du Gouffre, mais la découverte principale fut sans contredit celle d'un atelier de silex à Chouzy, le long de la rivière de la Cisse, près du thalweg d'un ancien fleuve en contrebas d'un coteau exposé au soleil levant, dans les lieux dits le Tertre, la Lande, les Marelles, en face de la station romaine connue sous le nom de Schéry.

Là nous retrouvons, d'après la classification de notre savant maître M. de Mortillet, le grattoir à forme moustérienne finement retouché d'un seul côté ; les pointes sont nombreuses, et parmi elles, quelques échantillons à crans. La pointe de flèche est peu commune ; de ce chef un magnifique exemplaire seul, privé de son pédoncule, a été trouvé par nous.

Les percuteurs sont peu communs, mais les nucléus sont en assez grande quantité et de dimensions suffisamment variées pour caractériser l'atelier disparu et en montrer les diverses sortes de taille.

Notre exploration donna aussi quelques fragments de grès poli, ainsi que deux morceaux de rondelles ou bracelets en schiste ardoisier paraissant appartenir à un torque ou à un ψέλλιον (armilla) antique.

En cet endroit, les haches polies ne sont pas représentées, à notre connaissance du moins, bien que nous en ayons trouvé sur le territoire de la même commune plusieurs fragments aux Vernons, dans la Champagne. Plusieurs pièces intactes de ce genre ont été déterrées aux lieux dits le Prieuré, la Cabinette, la Guiche, le Renson ou Rasson.

Tous les silex mis à découvert sont à arêtes vives, avec fines retouches sur les côtés. Quelques pièces, qui durent être fort belles, ont malheureusement été brisées.

Parmi les objets à signaler, plusieurs hameçons dont un grand et deux petits, le grand ayant pu servir de harpon, emmanché au bout d'un bâton.

En somme, peu de pièces complètes jusqu'à ce jour, mais la quantité considérable d'éclats nous fait supposer un dessous intéressant qu'il nous a paru bon de vous signaler, tant au point de vue de l'histoire locale que des migrations des peuples éclatant le silex d'eau douce.

M. BOSTEAUX

Maire de Cernay-lès-Reims.

LE CIMETIÈRE GAULOIS DE LA POMPELLE
CURIEUX SPÉCIMEN DE CÉRAMIQUE GAULOISE

— *Séance du 20 août 1885* —

A 7 kilomètres sud-est de la ville de Reims, sur la route nationale de Reims à Châlons-sur-Marne, et à la bifurcation de cette route avec celle de Reims à Bar-le-Duc, se trouve une colline crayeuse appelé la Pompelle. Sa situation est un des plus beaux sites de la Marne. A 150 mètres au sud,

au pied de cette colline, coule lentement la Vesle, et plus loin en arrière se déroule toute la montagne de Reims. (Fig. 80.)

A 100 mètres au sud de la route, vers le village de Puisieulx, se trouvait un cimetière gaulois dont l'emplacement occupait la superficie de plusieurs hectares ; il a été presque complètement retourné lors des travaux du fort construit sur son emplacement et tout le mobilier funèbre des tombes a été brisé et dispersé.

Les objets de plusieurs tombes à chars ont subi le même sort ; de ces débris se trouvent encore actuellement chez M. Hapillon, au café de la gare de Sillery, qui en a recueilli.

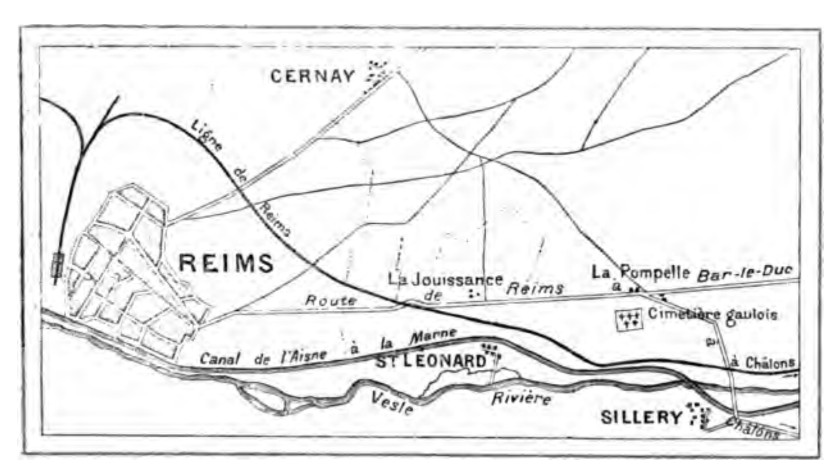


Fig. 80.

Le 10 mai 1885, en examinant cet emplacement en dehors du périmètre occupé pour les travaux de ce fort, je mis à découvert deux tombes gauloises ; elles étaient, comme au cimetière des Barmonts, orientées de l'est à l'ouest et remplies toutes de terre noire ; leur profondeur variait de 0m,60 à 1m,20.

La première de ces deux sépultures avait 1m,20 de profondeur sur 1m,50 de largeur et 2m,20 de longueur. Le squelette, étendu de son long, était recouvert de terre noire et chargé de pierre siliceuse ; le crâne avait été écrasé par le poids de ces pierres.

Le mobilier de cette tombe comprenait :

1° Un petit vase à boire en poterie noire très fine, posé près de la tête, à droite.

2° Un hanap, forme de corne, en terre brune orné de rayures en relief et de peintures. (Fig. 81.)

3° Les débris d'un vase à conserver, en terre noire. Ces deux vases étaient près de l'épaule droite.

4° Trois assiettes en terre noire, près de la main droite.

5° Un grand vase, brisé par le poids de la terre. Ce vase, que j'ai pu reconstituer, mesure 0m,45 de hauteur; il était près de la cuisse droite. (Fig. 71.)

6° Un grand vase en terre noire, intact, mesurant 0m,30 de hauteur; ce vase était aux pieds du squelette.

7° Un bracelet en bronze quelque peu chenillé; au bras gauche.

8° Un vase de forme droite, en terre noire, placé près du côté gauche de la tête.

Le mobilier de cette tombe devait comprendre tous les ustensiles de cuisine qu'un ménage gaulois pouvait avoir besoin pour son service.

La deuxième sépulture, qui était à 3 mètres de distance de la première, avait 0m,60 de profondeur, 1 mètre de largeur et 2 mètres de longueur. Le squelette était aussi chargé de grosses pierres; son mobilier se composait de trois vases disposés le long de la cuisse droite. Le premier vase était une

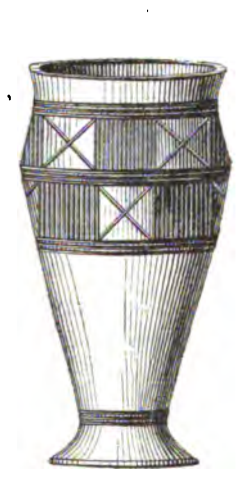


Fig. 81. — Vase du cimetière de la Pompelle. 1/3.

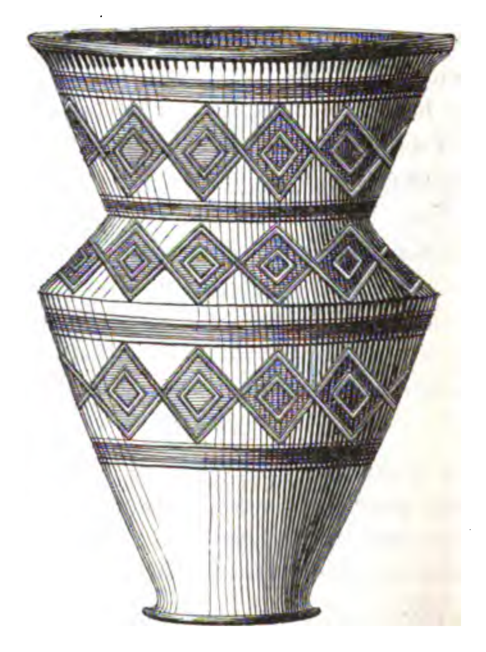


Fig. 82. — Vase du cimetière de la Pompelle. 1/5.

petite urne en terre brune, de forme élancée; le deuxième, un vase à conserver, en terre noire, et le troisième, un vase en forme de boule, en terre noire.

Le cimetière gaulois de la Pompelle diffère de celui des Barmonts en ce que tous les corps étaient recouverts de pierres, et que la forme des vases que l'on retrouve dans les sépultures est différente. J'avais déjà fait cette remarque sur les cimetières de Witry, comparés à celui de Cernay, ce qui nous prouverait que chaque tribu avait ses habitudes, ses mœurs et coutumes particulières.

Les vases n° 2 et n° 5 de la première sépulture sont très curieux par leur forme et leur genre de décoration.

Le n° 5 mesure $0^m,45$ de hauteur; il est de forme évasée à pied étroit; à la moitié de sa hauteur il se rétrécit subitement pour se rélargir aussitôt ce qui donne à l'orifice de ce vase en forme d'entonnoir un diamètre de $0^m,34$ d'un bord à l'autre. Ce vase est orné à son pourtour de quatre cercles garnis de losanges quelque peu en relief, formés par des lignes en creux; le relief de ces losanges, ainsi que les bordures, sont peints en rouge violacé sur fond brun, avec quelques filets noirs. (Fig. 82.)

Ce vase de forme élégante devait leur servir dans leurs festins. Le serviteur qui, dans ces solennités, était chargé de distribuer le liquide, prenait ce vase de la main droite par le pied; il appuyait ensuite la dépression du vase sur le pliant du coude du bras gauche, et il remplissait le hanap du chef, lequel devait à son tour en faire la distribution dans les petits vases à boire de ses convives.

Le hanap, en forme de cornet, de cette sépulture mesure du pied au bord $0^m,31$ de hauteur; il est de terre brune et orné à l'ébauchoir de traits dont les creux sont peints de plusieurs couleurs. (Fig. 81.)

M. Ed.-F. HONNORAT

A Digne.

MOUSTIERS-SAINTE-MARIE AVANT L'HISTOIRE

— *Séance du 20 août 1885* —

Avant la construction de son monastère et de la fondation de la ville, Moustiers avait été habité par les Romains : un tombeau, dont une des faces reproduit le passage de la mer Rouge par Moïse, des médailles romaines trouvées dans le sous-sol, le démontrent suffisamment. Mais Moustiers était habité à une époque plus reculée encore, et son origine se perd dans la nuit des temps.

En 1881, j'explorais les quelques excavations en forme de grottes de Notre-Dame de la Roche; leur sol rocheux et dénudé ne me donna aucune trace du séjour de l'homme préhistorique, et leurs plafonds, noircis par la fumée, paraissaient l'avoir été seulement par les feux de pâtres ayant cherché un abri temporaire, dans ces grottes, en temps de pluie et de froid.

qui renfermait l'atelier est un rocher isolé par la mer: à l'ouest, par un espace de 11 mètres et à l'est de 6 mètres. La profondeur des deux côtés est de 10 mètres. Ce rocher présente une forme allongée : 55 mètres de long sur une moyenne de 9 mètres de large; sa superficie est d'environ 500 mètres carrés. Il était recouvert d'un maigre gazon, brûlé par les vents et la mer, et une couche de terre variant de 40 à 45 centimètres. Ses deux extrémités, nord et sud, sur un espace indiqué sur plan au pointillé, étaient complètement dépouillées par la mer.

La situation générale environnante doit être signalée. A 50 mètres vers l'est, ou le village du Manémeur, existe une accumulation de pierres en désordre, formant talus. Cet endroit fut exploré en 1871 par M. l'abbé Lavenot. Il conclut de ses résultats, qu'il y avait là des ruines indéterminées de monuments préhistoriques (1).

A 75 mètres est de ce talus, gisent trois menhirs. Le plus colossal, du milieu, mesure 6 mètres. Au-delà, la situation est dominée par le grand menhir debout du Manémeur.

Vers le nord, à 700 mètres, et non loin de la côte, se trouvent aussi les ruines d'un dolmen, autrefois sous-tumulus et également exploré par M. Lavenot.

Les fouilles ont été commencées par le côté nord, et au cours de ces travaux nous y avons trouvé, ainsi que le désigne le plan ci-annexé:

Au nord, à peu près dans le milieu de la largeur et à 11 mètres de l'extrémité, un squelette (nº 1 de la fig. 83) sous une épaisseur de 45 centimètres, reposant sur le rocher même, quelques pierres sans ordre autour, couché sur le dos, le crâne au nord, position allongée et les bras le long du corps; le torse légèrement incliné à gauche, la tête penchée sur le côté gauche. Presque dans les ossements, et à droite, un instrument en biseau, pareil à ceux trouvés à l'île de Thinic, en diorite schistoïde; de nombreux grattoirs en silex et des éclats de même matière.

A l'examen attentif du sujet, il a été constaté que l'épaisseur de la boîte crânienne est de 8 et 9 millimètres.

Le crâne donne les diamètres de 175 millimètres du frontal à l'occipital et de 155 millimètres d'un temporal à l'autre. Il semble présenter certaines anomalies. Les apophyses sont inégales, les pariétaux inégalement développés : celui de gauche moins que celui de droite; le trou occipital est fort étroit. Les dents de sagesse étaient sorties.

Les fémurs, les tibias et les humérus rapprochés donnent des différences de développement en longueur. La partie gauche est inférieure à celle de droite, ce qui semble correspondre aux formes du crâne.

Des conclusions sur la taille ou l'âge du sujet seraient peut-être dou-

(1) Notes sur quelques monuments de la presqu'île de Quiberon, par l'abbé Lavenot. 1871.

teuses par les détails qui précèdent. Néanmoins, ce pût être un rachitique, disgracié de la nature, mais habile en son art.

Les travaux ont suivi du nord au sud sur toute la largeur et nous y avons successivement recueilli :

Numéros du plan.

2, 9, 10, 12 et 16. Des instruments usés en biseau, pareils à ceux de l'île Thinic, en diorite schistoïde. Leur nombre s'étant beaucoup augmenté, il n'a été marqué que ceux-ci sur plan, les autres n'ayant pu l'être.

3. Une hache en silex. Longueur, 4 centimètres; largeur du tranchant, 35 millimètres.

4. Une pointe de flèche en silex, barbelée et à ailerons. Cet objet d'un complet et admirable travail.

5 et 27. Deux grains de collier en talc.

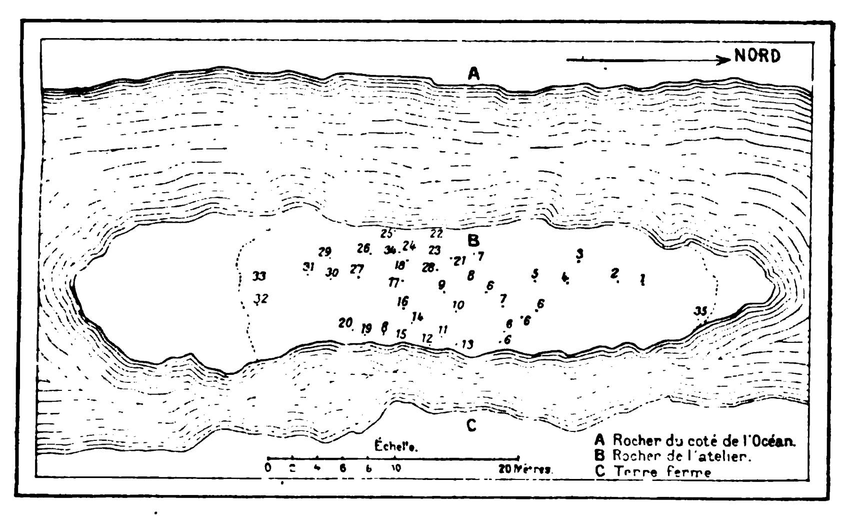


Fig. 83. — L'atelier de silex et de pierre polie du rocher de Beg-er-Goalennec en Quiberon. (Fouilles du 30 septembre 1884.)

6, 17, 18, 24, 30 et 33. Six haches en diorite, de différentes dimensions.

7 et 34. Deux haches ébauchées en diorite schistoïde. Il en a été ensuite recueilli plusieurs non marquées sur plan.

8. Deux pendeloques ébauchées. Les perforations des côtés sont commencées et il est à observer que les pierres qui ont servi à ces pendeloques, comme à tout ce qui se rapproche de cette destination, sont de matière semblable.

11. Une pierre, diorite schistoïde, aiguisée en hache d'un côté et de l'autre ayant été perforée pour faire pen-

deloque. La première perforation ayant amené la brisure, une seconde est commencée à côté; longueur, 6 centimètres.

13. Une pendeloque en silex. Elle est formée d'un simple caillou de silex triangulaire. L'ouvrier s'est servi d'un commencement de perforation naturelle et l'a complétée ; cette perforation va d'un angle à l'autre.

14 et 22. Deux haches en schiste. Dimension, 55 millimètres.

15. Une hache ébauchée par éclats, en diorite. Longueur, 102 millimètres; largeur, 55 millimètres. Cet objet démontre clairement la méthode suivie pour former les haches. Par éclats, on a rendu la matière celtiforme et il n'y avait plus qu'à accomplir le polissage.

19 et 35. Deux pointes de hache en diorite.

20. Un essai de pendeloque sur pierre pareille au nº 8.

21. Un morceau de pyrite de fer du poids de 105 grammes. Cet objet, arrondi dans un côté de sa longueur, offre en sens opposé une section concave et très polie; cette partie porte les traces très nettes et incontestables du choc d'un objet dur et tranchant. Assurément, ainsi que l'a écrit et démontré M. John Evans, c'est ici un briquet de l'âge de pierre. On faisait feu par le choc du silex, soit d'un grattoir, soit de tout autre éclat, contre cette pyrite de fer (1).

23. Une hache ébauchée en silex, éclatée d'un côté et polie de l'autre. Cet objet forme le complément de la démonstration de la fabrication des haches, offerte par le nº 15.

25, 28 et 32. Trois tranchants de haches en diorite.

26. Fragment d'un polissoir en grès. Longueur, 95 millimètres ; largeur, 35 millimètres ; épaisseur, 4 centimètres. Cet objet a été d'un usage si fréquent, qu'il a conservé un poli aussi fin que celui d'une pierre à rasoir.

29. Grain de collier ou pendeloque formé d'un galet percé.

31. Une pendeloque en silex.

Outre ces divers instruments marqués sur plan, il fut recueilli, dispersés sur toute la superficie, une énorme quantité de grattoirs, de formes et de silex variés. J'en estime la quantité à plus d'un millier.

Toutes les variétés d'instruments en silex ont aussi été recueillies en grand nombre. Nous avons eu ainsi: des perçoirs ou forets, exactement semblables aux dessins de M. John Evans, page 276 (*Ages de la pierre*).

Des têtes de flèches triangulaires, non barbelées; d'autres dites transversales ou tranchets.

Une certaine quantité d'autres instruments affectant la forme de carrés longs, retaillés sur le pourtour et principalement à l'une des extrémités.

(1) *Les Ages de la pierre.* — John Evans, pages 310 à 313.

D'autres éclatés triangulairement et formant une pointe acérée à l'un des sommets, tandis que la base opposée est d'une certaine épaisseur.

Des éclats en demi-lune, dont les uns sont ébauchés ou simplement éclatés, et d'autres, beaucoup mieux finis, présentent des retailles sur le côté opposé au tranchant, c'est-à-dire à la partie convexe.

Enfin, des lames de toutes formes et longueurs ont aussi été recueillies en quantité. Il y avait, en un mot, dispersés sur toute cette superficie, tous les genres d'instruments en silex trouvés et décrits par tous les auteurs.

En outre, et plus abondants en certains endroits, particulièrement vers les numéros 6, 11 et 24 du plan, de nombreux débris de poterie. Dans l'ensemble ils ne présentent que des types de poterie grossière, noirâtre, quelquefois avec superficie rougeâtre, mais sans ornement. La forme des vases, jugée sur ce qui a pu en être reconstitué, était à peu près la même. Toute cette poterie était à mamelons: elle devait constituer uniquement des vases à usages. Les épaisseurs en varient de 6 millimètres à 12 millimètres, et ce qui est à signaler, jusqu'à 3 centimètres. Il y a d'assez nombreux spécimens de cette dernière sorte.

Tous ces débris de poterie peuvent, au total, être évalués à un hectolitre. Les éclats de silex représentent au moins 4 décalitres. Sans qu'on puisse le contester, ces débris nombreux démontrent qu'il y eût en cet endroit une fabrication suivie.

Les outils de travail sont en nombre et parfaitement caractérisés. Les percuteurs recueillis sont de toutes formes et de tous volumes. Plusieurs ont servi par bout et à plat; d'autres ont aussi servi de molettes.

De nombreux éclats ou fragments de cristal de roche étaient épars. Quelques-uns semblent présenter trace d'un premier polissage. Évidemment, la quantité de ces fragments indique qu'on en voulut faire usage.

Il a été également observé qu'à certaines distances se rencontraient des accumulations de pierres sans ordre, mais à plat, et qu'autour se recueillaient des quantités de grattoirs ou autres instruments en silex et de nombreux éclats. On pourrait en inférer que ces pierres formaient des sièges pour l'ouvrier et que ces débris provenaient de sa fabrication.

Par ces détails, on peut hardiment conclure que sur le rocher du Goalennec, qui formait comme le point central d'un vaste système environnant de monuments variés, était établi un atelier de fabrication d'outils en silex éclaté et en pierre polie.

Les nombreux nucléi que nous avons gardés, les cailloux intacts de silex que nous avons recueillis, comme tous les éclats, nous permettent d'assurer qu'il se trouvait là tous les genres, toutes les couleurs de silex: gris, noir, brun, rouge, jaune, etc., même multicolore. Certaines variétés sont craquelées et elles varient aussi de couleur. Ces silex craquelés se

retrouvent dans les éclats comme dans les morceaux travaillés, principalement les grattoirs. Il y en a de gris, de lilas, de bruns, de rouges, etc.; mais ils ne paraissent nullement craquelés au feu. Du moins, sur la plupart de ces échantillons, le cacholon qui y adhère n'en porte pas trace.

Le volume des blocs employés n'est pas grand: l'ouvrier ne disposait que de simples cailloux; ils varient de 7 à 9 et 10 centimètres. Plusieurs spécimens de ces silex tournent à l'agate et d'autres au jaspe. Il existe des lames ou scies du premier genre et des grattoirs du second.

Assurément, cette grande variété est une preuve de provenances diverses, et si on observe que le sol du pays est essentiellement granitique et ne produit pas de silex, on est amené à conclure que la matière employée était d'importation et qu'elle fut importée à l'état brut.

Le sujet était recouvert de 45 centimètres de terre. La mer n'a pu faire d'apport sur ce rocher. Aux extrémités nord et sud, la superficie mise à nu par la lame en est la meilleure preuve. L'Océan a dû faire de nombreux emprunts; il n'y augmenta jamais le terrain. Il n'est donc pas téméraire de dire que le squelette fut toujours recouvert et même beaucoup plus haut que nous le trouvâmes. Si donc il fut recouvert, il y eut inhumation.

Au surplus, on ne pouvait admettre, s'il eût été à la surface du sol, ni sa conservation, ni la position des ossements. N'est-il pas évident, en effet, que les carnassiers et même les oiseaux de mer les eussent anéantis ou tout au moins déplacés ?

On ne pouvait rechercher l'étendue de l'atelier que du côté de la terre, à l'est. De nombreux sondages que nous y avons pratiqués ne nous ont rien donné. Cet atelier ne dépasse donc pas le rocher.

Aucun vestige, aucune trace de construction ne subsiste. En admettant même que la mer eût anéanti les constructions, elle en eût respecté partie de la base comme elle a laissé partie du terrain. Puis, nous eussions assurément retrouvé les traces de quelque foyer, du charbonnage qui l'accompagne. Or, la superficie entière du rocher, balayée par les vents, lavée par la pluie et la mer, n'en présente nul indice. Il faudrait donc conclure que cet atelier exista à ciel ouvert et que l'ouvrier y fut inhumé au milieu des produits de son industrie.

M. CARRIÈRE

Élève du Laboratoire d'anthropologie de l'École des hautes études, à Oran.

IMPORTANCE DES ÉTUDES ANTHROPOLOGIQUES LOCALES POUR LA DÉTERMINATION DES CARACTÈRES ETHNIQUES

— *Séance du 20 août 1885* —

Les produits de l'industrie primitive de l'homme ont été partout recueillis en très grand nombre et l'on est tenté de croire que de ce côté les recherches préhistoriques ont dit leur dernier mot. Si l'on regarde en arrière, on a lieu d'être fier du chemin parcouru en peu de temps, grâce au zèle infatigable des spécialistes.

Mais il n'en est pas de même au point de vue anatomique, car le plus souvent les documents ostéologiques ont été négligés; un grand intérêt s'attache cependant aux études anthropologiques qui doivent faire connaître les autochtones et les races qui sont venues ensuite nous apporter leur civilisation.

On ne saurait donc trop encourager les archéologues et les collectionneurs à récolter les ossements humains avec la plus scrupuleuse attention. Ce sont les documents qui nous seraient aujourd'hui les plus utiles. Si, comme nous avons lieu de le croire, le changement dans le mode de sépulture comme dans le mobilier funéraire indique la présence d'éléments divers parmi les anciens occupants du sol, les restes humains, en accusant cette diversité, doivent nous dire quelles races se rencontrèrent jadis dans nos régions, comment elles se substituèrent ou se croisèrent. La comparaison des crânes recueillis dans nos pays avec ceux que les anthropologistes ont exhumés sur les territoires étrangers, nous désignerait peut-être la marche suivie par les émigrants primitifs et leur lieu d'origine. Les progrès accomplis dans cette voie nous permettent d'espérer que l'avenir satisfera notre curiosité à mesure que des matériaux nous seront acquis par les soins de tous ceux qui désirent l'accroissement de nos connaissances. Mais il faut se hâter, tandis qu'il en est encore temps. L'heure viendra où, par suite de l'extension de la culture, des besoins de l'industrie, comme par les recherches incessantes des archéologues, la surface du sol aura été complètement bouleversée, les cavernes auront été vidées et les derniers débris humains auront disparu.

Il semblera à beaucoup que nos exhortations sont mal fondées et que déjà la lumière est faite sur les questions que nous avons citées. Sans

doute les savants auteurs des *Crania ethnica* nous ont donné les traits les plus saillants de la physionomie des races anciennes, mais en fixant leur œuvre ils ne se dissimulaient pas qu'elle était un résumé des documents présents, mais non point le dernier mot de solutions désirées. Nous devons profiter non seulement des résultats de l'expérience de ces aînés. mais de tout ce que les découvertes mettront à notre disposition.

Il est rare de rencontrer d'un seul coup une série suffisante pour permettre des déductions moyennes satisfaisantes, mais les crânes isolés ne doivent pas être négligés. Tout débris exhumé, lorsqu'il est assez complet, doit être décrit. Il faut bien considérer qu'il a un double caractère ; son antiquité est fixée par le milieu de son gisement, par la nature des objets qui l'accompagnent, ou par le mode d'ensevelissement, et l'examen de ses caractères ostéologiques permet de l'ajouter à une série. C'est ainsi que des cas isolés finiront par fournir de bonnes moyennes après un groupement intelligent.

Nous signalons le parti qu'on peut tirer de la comparaison des mesures obtenues sur des crânes recueillis dans les cimetières avec les indications céphalométriques fournies par les habitants des mêmes localités, pourvu que l'on opère dans des centres assez isolés, assez protégés contre l'influence des éléments étrangers pour qu'il y ait lieu d'espérer une certaine constance dans les caractères. La céphalométrie, nous dit Broca, fournit à l'anthropologie des notions intéressantes, mais ne donne qu'une idée approximative de la véritable conformation du crâne. Le maître nous explique que des erreurs inévitables résultent de l'inégale épaisseur des parties molles et de l'abondance des cheveux dans la détermination des diamètres. Une série de crânes recueillis dans le cimetière de la localité où l'on opère, et par conséquent de même type, permettrait donc des rectifications. Tandis que les observations faites sur le vivant donneraient des avantages spéciaux par les indications (telles que la couleur des yeux, des cheveux, la taille, la carrure, le facies général), les crânes permettraient d'obtenir des diamètres rigoureusement exacts, qui seraient d'une heureuse influence sur l'appréciation des moyennes.

Le champ des études est vaste pour ce qui concerne l'ethnographie de la France. Nous connaissons, il est vrai, les éléments principaux de nos populations, et d'ailleurs celles des grands centres présentent de telles divergences, dues au croisement, que nous n'avons pas lieu de leur demander des indications. Mais ici surtout les recherches locales seront intéressantes dans les régions montagneuses isolées par l'insuffisance des voies de communication. Et qui sait si des investigations méthodiques ne nous signaleraient pas les descendants de colonies oubliées ou refoulées par les groupes ethniques principaux dont ils différeraient par des caractères plus ou moins mitigés, suivant le degré d'infiltration des éléments

étrangers dont ils sont voisins ? Dans ce grand concours de peuples qui se sont rencontrés ou succédé sur notre sol, venus du Nord comme du Midi, les uns ne nous laissant que leurs dépouilles, tandis que d'autres s'établissaient sur les divers points de notre territoire, où ils ont constitué la souche des types actuels, dans ce chaos d'éléments divers, n'est-il pas possible qu'un certain fond des plus anciens occupants, en demandant aux barrières naturelles une protection contre les envahisseurs, ait échappé au mélange par suite de circonstances particulières, comme Broca l'a constaté pour les Basques ?

Nous soumettons ces considérations à ceux de nos collègues qui ont le loisir de se livrer à des études locales, persuadé que leur zèle nous réserve des résultats importants pour l'ethnologie de notre pays.

M. ZABOROWSKI

A Thiais, près Choisy-le-Roi.

LES FINNOIS ET UNE SÉRIE DE CRANES FINNOIS ANCIENS

— Séance du 20 août 1885 —

Le nom de Finnois ne s'applique aujourd'hui à aucune population anthropologiquement caractérisée. En outre des peuples de langue finnoise, bien des auteurs des plus autorisés comprennent sous ce nom les Lapons. Mais avant les temps actuels il existait, jusqu'à une époque toute récente, une population ayant des caractères uniformes bien tranchés, dans tout le territoire dont les peuples finnois occupent aujourd'hui les parties extrêmes. Tous les peuples finnois actuels sont en majorité à tête arrondie. Mais parmi les Finlandais eux-mêmes, M. Retzius, qui est le dernier auteur qui les ait très complètement étudiés, a reconnu la présence d'un élément dolichocéphale différent du type suédois. Or, on sait que dans tous les tombeaux anciens de la Russie, dans tous les kourganes, a été ensevelie une population au crâne massif, capace, assez élevé, allongé. La proportion des individus au crâne arrondi est minime parmi elle, mais cette proportion s'accroît sans cesse jusqu'à la fin de l'époque des kourganes. M. Bogdanof, qui a mesuré des centaines de crânes kourganes de Moscou, a constaté en dernier lieu (1881) que l'afflux des brachycéphales, qui

auraient, selon lui, constitué la nation des Grands-Russes, est venu de l'Est. Cet élément nouveau a colonisé le pays, il en a repoussé l'ancienne population, mais sans aucun doute aussi il s'est mêlé avec elle dans toutes les proportions. C'est ce que confirment les mensurations que j'ai prises sur une petite série de crânes kourganes de Saint-Pétersbourg, qui proviennent de la collection Iwanowski et figurent au Muséum de Paris. La grande majorité des crânes kourganes de Moscou (77 0/0), est franchement dolichocéphale. Dans les kourganes de Saint-Pétersbourg qui sont plus récents, il n'y a que trois dolichocéphales vrais, sur quinze crânes, contre trois sous-brachycéphales et deux mésaticéphales. Leur indice moyen en fait presque des mésaticéphales (indice crânien 77,39 ; indice orbitaire 79 ; indice nasal 47,44). Or, ces crânes proviennent d'un pays naguère franchement finnois; ils ont, en effet, tous les caractères des Finnois occidentaux actuels qui avoisinent leur pays de provenance. J'ai pu constater que dans les cantons les plus reculés de la Finlande l'élément dolichocéphale est plus nombreux que dans les autres. En groupant suivant leur province d'origine les crânes finnois exposés en 1878, on voit, en effet, que les Ostrobothniens, qui habitent au nord sur la côte est du golfe de Bothnie, ont (d'après 13 crânes) un indice crânien de 79,7 (minimum : 74,44; maximum, 87,79), tandis que les Tavastiens (gouvernement d'Helsingford) ont un indice de 80,22 (entre 75,27 et 85,97) et les Caréliens (gouvernement de Viborg), à la limite sud-est de la Finlande, un indice de 82,15 (entre 78,02 et 89,53). De ces faits et de plusieurs autres, il résulterait que si les Lapons se sont mêlés aux Finnois, ceux-ci, du moins ceux d'entre eux qui sont *confinés dans la partie occidentale de leur aire actuelle*, doivent leurs principaux caractères physiques aux Slaves et sont vraisemblablement le produit du mélange de ceux-ci avec la population retrouvée dans les kourganes.

Ainsi je ne sais pas en quoi, la langue mise à part, les Lithuaniens, qui vivent en contact avec les Esthes, les Lettes et les Lives, pourraient se distinguer de ceux-ci. Un jeune anthropologiste de Dorpat, M. Brennsohn, a récemment publié une thèse (1883) sur les caractères des Lithuaniens. Sur 100 individus, dont 60 hommes et 40 femmes, il a observé 57 fois des cheveux blonds, 35 fois des cheveux châtains, 3 fois des cheveux bruns et 3 fois des noirs. L'indice céphalométrique moyen était de 81,78 pour les hommes et de 83,47 pour les femmes. Il y avait parmi eux 11,66 0/0 de dolichocéphales. Or, l'indice céphalométrique des Lettes (80,5), des Esthes (79,4) et des Lives (79,9) est seulement moins élevé, la proportion des dolichocéphales étant simplement plus grande parmi eux. Un auteur, Will, aurait trouvé 51 dolichocéphales sur 97 crânes esthoniens ; les caractères faciaux ne les différencient pas ; ces caractères s'entre-croisent et il en est de même de la taille. Le Lithuanien (1,662 millimètres) est plus

petit que le Live (1,736) et plus grand que l'Esthe (1,643). S'il y a chez les Finnois un élément distinct des autres éléments connus, c'est donc celui qui a couvert la Russie de ces tumulus ou kourganes jusqu'au XIIe et au XIIIe siècle de notre ère.

M. Émile RIVIÈRE

A Paris.

LE TROU AU LOUP (ATELIER DE LA PIERRE POLIE)

— *Séance du 20 août 1885* —

C'est le 23 mars 1884, il y a dix-sept mois, que, en rentrant d'une petite excursion aux environs de Paris, j'ai trouvé les premiers silex taillés qui m'ont mis sur la découverte de cet atelier de la pierre polie dont j'ai l'honneur de vous entretenir aujourd'hui.

Ce premier jour, je ramassai au même endroit plusieurs pièces, dont un petit grattoir, entier (fig. 3, pl. XIII *bis*), muni de son bulbe de percussion sur sa face d'éclatement, et retaillé sur les côtés et à l'une de ses extrémités, et je me promis aussitôt de retourner prochainement dans la partie du bois où je les avais trouvées afin d'y faire des recherches sérieuses.

Bien m'en prit, car dans les nombreuses courses que j'y ai faites depuis lors, je n'ai pas ramassé, dans un espace assez limité, moins de neuf cents pièces : instruments entiers ou brisés, ébauchés ou finis, silex brûlés, éclats, etc. Par contre, je n'ai trouvé qu'un seul ossement, un fragment de côte d'un petit ruminant, et encore cette pièce me paraît-elle douteuse au point de vue de sa grande ancienneté.

Cette nouvelle station, ou atelier de fabrication, est située au sud-ouest de Paris, dans le bois de Clamart, à cinq ou six minutes de marche environ des dernières maisons de ce village du département de la Seine, en suivant la route très montueuse dite de la porte de Clamart, sur un plateau assez élevé d'où la vue s'étend au loin du côté de Châtillon, Bagneux, etc. Elle occupe une surface assez restreinte dans la clairière d'un taillis dont les principaux arbres avaient été abattus par une coupe faite l'année précédente. Ce taillis forme un carré long, traversé obliquement par un fossé large et profond d'un mètre environ; il est limité, entre autres chemins, par la *Cavalière du Trou au loup*, d'où le nom

que nous avons donné à cette station, par le sentier des *Vertugadins* et par la route de la *Porte de Châtillon*.

La plupart des silex que nous avons recueillis se trouvaient, soit à la surface du sol, plus ou moins cachés sous des amas de feuilles mortes et de mousse, soit à la profondeur de quelques centimètres seulement, si bien que les recherches ont été relativement faciles.

Quoi qu'il en soit, les silex taillés découverts au *Trou au loup* sont tous d'une teinte grise, parfois assez claire, voire même blanchâtre ; d'autres fois plus foncée et même brune ; mais presque tous sont des silex de la craie blanche identiques à ceux qu'on trouve aux Moulineaux, comme M. Stanislas Meunier, à qui je les ai montrés, l'a parfaitement reconnu.

Au point de vue de la forme que l'ouvrier du temps leur a donnée et de l'usage auquel ils ont pu servir, nous pouvons les diviser ainsi :

Hache polie. — Plusieurs fragments, dont l'un surtout est parfaitement reconnaissable (fig. 1). Je l'ai trouvé le 1er mai 1884 ;

Grattoirs. — Ils sont assez nombreux et généralement bien retaillés. Le plus beau, par ses dimensions, est celui que j'ai figuré sous le numéro 2 ; il est entier et mesure $0^m,085$ de longueur. Les autres, plus petits, sont plus généralement de la taille des numéros 3 et 4 ;

Racloirs. — Ils sont en petit nombre. J'en ai figuré deux : les numéros 5 et 6 ;

Lames. — Entières ou brisées, nombreuses, avec leur bulbe de percussion sur la face d'éclatement. L'un des meilleurs exemplaires est le numéro 8 ;

Pointes. — Elles sont petites pour la plupart et formées par des lames très minces et pointues, pourvues de leur bulbe de percussion, et présentent peu de retouches sur leurs bords (voir les numéros 9 et 10) ;

Percuteur. — Le seul, bien déterminé comme usage, que j'aie trouvé, est le numéro 7 ; il a été assez grossièrement fabriqué dans une hache polie sur laquelle on aperçoit distinctement les stries du polissage. Il devait être destiné seulement à faire les petites retouches ;

Polissoirs. — J'ai recueilli deux polissoirs en silex : l'un d'eux surtout est assez intéressant. C'est un morceau de silex d'une certaine épaisseur qui présente sur une de ses faces planes plusieurs rainures de polissage : les unes profondes, les autres superficielles (n° 11).

J'ajoute que parmi les silex du *Trou au loup* il en est un certain nombre qui ont très manifestement subi l'action du feu ; ils présentent une infinité de craquelures plus ou moins profondes.

Enfin, j'ai ramassé çà et là, dans le même endroit, tantôt groupés, tantôt isolés, un très grand nombre d'éclats de silex, généralement assez petits, un grand nombre aussi d'instruments plus ou moins brisés et quelques

nucléus, tous en silex de même nature que les pièces que je viens de décrire.

Avant de terminer, je dirai encore que je viens de trouver sur un autre point du bois de Clamart, dans la direction de Meudon et à 700 ou 800 mètres environ du *Trou au loup*, dans une petite clairière dont le sol est creusé en cuvette et entourée d'un taillis assez épais qui rend les recherches plus difficiles, trois silex taillés, dont un également en grattoir. Ces silex sont identiques à ceux du *Trou au loup*. S'agit-il là d'un second atelier de fabrication, de quelque nouvelle station de la pierre polie ? C'est ce que je me propose d'étudier très prochainement.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII BIS

(Tous les objets sont dessinés de grandeur naturelle.)

1. Hache polie, brisée, en silex.
2. Grattoir de grandes dimensions.
3-4. Grattoirs plus petits.
5-6. Racloirs.
7. Percuteur fabriqué dans un fragment de hache polie.
8. Lame.
9-10. Pointes de petites dimensions; elles sont entières et pourvues, comme les pièces 2, 3, 4 et 8, de leur bulbe de percussion.
11. Fragment de silex assez épais ayant servi de polissoir ; il présente plusieurs rainures, les unes profondes, les autres superficielles.

M. Ch. BOUCHARD

Professeur à la Faculté de Médecine, à Paris.

OBSERVATIONS CLINIQUES ET RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LE CHOLÉRA

— Séance du 14 août 1885 —

Au cours de la dernière épidémie cholérique de Paris (septembre et novembre 1884), j'ai fait quelques recherches expérimentales qui me semblent présenter un certain intérêt au point de vue de la pathologie du choléra.

L'élaboration de la matière se fait d'une façon anormale chez le cholérique. Je ne recherche pas si la nutrition est viciée par excès ou par défaut ; je dis qu'elle est pervertie et je donne comme preuve ce fait que la naphtaline administrée à ces malades est transformée chez eux autrement que chez l'homme sain ou chez les individus atteints d'autres

maladies. Sur 44 cholériques qui ont reçu chaque jour 5 grammes de naphtaline, trois fois j'ai vu les urines présenter au moment de l'émission une couleur violette intense comparable à une solution de permanganate de potasse. Cette urine, agitée avec l'éther, cédait à l'éther sa matière colorante. Chez l'homme sain ou chez les individus atteints d'autres maladies, l'urine, après l'administration de la naphtaline, peut prendre une coloration rosée quand on l'additionne d'acide acétique, mais cette matière colorante ne se dissout pas dans l'éther. En dehors du choléra, je n'ai jamais observé les urines violettes après l'administration de la naphtaline, sauf dans un cas d'atrophie jaune aiguë du foie et dans un cas de fièvre typhoïde sur 97 typhiques soumis à ce traitement.

On observe très fréquemment chez les cholériques la contraction pupillaire poussée à tel degré que la pupille devient punctiforme. Ce myosis ne s'observe pas chez tous les malades ni pendant toute la durée de la maladie, mais toutes les fois qu'on l'observe le malade est en état d'anurie. Or, le myosis n'est pas à proprement parler le signe de l'anurie, il est le signe de l'urémie. Je l'ai retrouvé, en dehors du choléra, dans tout état urémique et en particulier dans les maladies du rein arrivées à la période des accidents urémiques.

La contraction pupillaire concourt avec les résultats fournis par l'analyse chimique des humeurs et des tissus à faire admettre que l'urémie a été rangée avec raison au nombre des accidents du choléra. Le myosis est le signe révélateur de l'apparition de cette complication.

J'ai demandé aussi à la clinique de me renseigner sur la valeur de la doctrine pathogénique du choléra telle qu'elle a été formulée par R. Koch. Cette doctrine peut se résumer dans ces trois propositions :

1° Le choléra est une maladie infectieuse dont le bacille-virgule est l'agent pathogène ;

2° La cavité intestinale est l'habitat exclusif de ce bacille ;

3° Ce bacille ne pénétrant ni dans le sang ni dans la lymphe et ne se répandant pas dans les tissus, ne peut produire les accidents généraux du choléra par le procédé de l'intoxication ; il doit donc sécréter dans la cavité intestinale une matière vénéneuse qui, absorbée à la surface de l'intestin, détermine l'empoisonnement de tout l'organisme.

Au moment où j'allais être appelé à soigner des cholériques, j'ai fait le bilan de nos acquisitions touchant le traitement du choléra et je me suis convaincu de l'inanité de tous les moyens empruntés aux thérapeutiques empirique, naturiste, symptomatique, physiologique, cette dernière pouvant tout au plus revendiquer les avantages des injections intraveineuses. Je me suis donc cru autorisé à faire une tentative de thérapeutique pathogénique, alors que nous pensions être, pour la première fois, en

possession d'une doctrine pathogénique positive, affirmant, avec des arguments capables de faire illusion, l'influence morbifique d'un agent parasitaire défini. J'ai fait avec sincérité et loyauté l'application de la doctrine de Koch à la thérapeutique du choléra.

Si le parasite habitait exclusivement la cavité intestinale, il devait suffire, pour entraver la maladie, de rendre l'intestin inhabitable pour les microbes, il fallait faire l'antisepsie intestinale. Or, j'étais depuis longtemps en possession des principes et des procédés de l'antisepsie intestinale. Je résolus donc d'employer des médicaments dont j'avais eu à me louer dans bien des cas de putridité de l'intestin et dont l'association constitue l'un des éléments de ma méthode de traitement de la fièvre typhoïde : l'iodoforme déjà employé par Vulpian, la naphtaline déjà conseillée par Rossbach. Un gramme d'iodoforme et cinq grammes de naphtaline ont été administrés chaque jour à un état de division tel, que chacun de ces médicaments présentait en surface un développement de 60 mètres carrés. Grâce à cette division extrême, ces deux antiseptiques puissants devaient être présents partout, dans toute l'épaisseur des matières intestinales et sur toute la surface de l'intestin. Grâce aussi à leur faible solubilité qui rend l'absorption presque nulle, ces deux agents pouvaient exercer leur action avec une égale intensité dans toute la longueur de l'intestin. Ils réalisent théoriquement, au maximum, les conditions que doit présenter un médicament chargé de l'antisepsie intestinale ; pouvoir antiseptique considérable, division extrême, solubilité presque nulle ; l'expérience m'a appris depuis longtemps que la théorie n'est pas inexacte et que, par ces moyens, l'intestin devient réellement aseptique.

Si la doctrine de Koch était exacte, si l'agent pathogène habitait exclusivement la cavité intestinale, je devais ainsi maîtriser le choléra. Sur mes 44 cholériques j'ai eu 29 décès. C'est une mortalité de 66 0/0, la mortalité dans les services hospitaliers analogues ayant varié pendant cette même épidémie de 50 à 75 0/0.

C'est donc une moyenne — je ne dis pas une bonne moyenne — qui prouve que ma thérapeutique a été absolument inefficace. Elle prouve, du même coup, que l'agent pathogène du choléra n'habite pas exclusivement la cavité intestinale.

Qu'objectera-t-on à cette déduction que je crois rigoureuse ?

1° Dira-t-on que, quand j'ai commencé le traitement, l'intoxication était déjà effectuée, que j'arrivais trop tard et que je ne pouvais plus empêcher le poison déjà absorbé de continuer à produire ses ravages ? Mais tous mes malades ne sont pas morts et chez ceux qui ont guéri j'ai continué par prudence à pratiquer l'antisepsie ; or, j'ai vu survenir plusieurs cas de récidives. Le poison avait été éliminé ou détruit ; s'il réapparaissait dans de telles conditions, il ne pouvait pas être élaboré par un microbe intestinal.

Pendant que je traitais des cholériques par l'iodoforme et par la naphtaline, je soignais dans d'autres salles, par les mêmes moyens, des malades atteints de fièvre typhoïde. Or, chez deux de ces typhiques, j'ai vu le choléra se déclarer au cours du traitement. Chez eux encore, la cavité intestinale était inhabitable pour les microbes.

2° Dira-t-on que le bacille-virgule, cet organisme si fragile, qui ne résiste ni aux températures modérément élevées ni à la dessiccation, est contre toute attente invulnérable pour l'iodoforme et pour la naphtaline? Une expérience de mon interne, aujourd'hui mon collègue, M. le docteur Chantemesse, répond à cette objection. Il ensemence avec des bacilles-virgules une série de ballons, dont quelques-uns sont additionnés d'une quantité minime de la préparation administrée à mes malades; ces ballons restent stériles, tandis que la culture se développe dans les autres.

Je conclus : Ou bien que le bacille-virgule n'est pas l'agent pathogène du choléra ; ou bien que le bacille-virgule n'habite pas exclusivement la cavité intestinale.

J'ajoute que le bacille-virgule ne sécrète pas le poison cholérique. Ce n'est plus la clinique, c'est l'expérimentation qui va le démontrer. Si la substance vénéneuse est fabriquée dans l'intestin par la sécrétion du microbe, on doit la trouver *a fortiori* dans les cultures *in vitro*, où elle doit s'accumuler incessamment, n'étant pas incessamment soustraite par l'absorption et par l'émonction, ou détruite par les actions organiques. Or, les cultures de bacilles-virgules ne sont pas toxiques.

Dans une première série d'expériences, j'injecte dans les veines, à des lapins, jusqu'à 97 centimètres cubes de culture pure, liquide et microbes compris, ce qui, en tenant compte du poids des animaux, représente plus de 50 centimètres cubes de culture par kilogramme d'animal, ce qui équivaut à 650 grammes de culture par kilogramme de sang, ce qui représente, pour un homme de 65 kilogrammes, l'introduction brusque de trois litres et quart de culture de bacilles-virgules dans les veines. Je n'observe pas l'intoxication, pas d'autres accidents immédiats qu'un léger malaise et un peu d'albuminurie. Mais les animaux meurent le lendemain et l'examen microscopique démontre dans leurs tissus la présence du bacille-virgule. Ces cultures, dont chaque gramme contenait au moins un milliard de microbes, ont pu amener la mort en provoquant des troubles mécaniques de la circulation, ou en éveillant des réactions morbides des cellules en contact avec le parasite; elles n'ont pas produit l'intoxication. Je le démontre dans une seconde série d'expériences où je me suis débarrassé de la complexité des phénomènes due à la présence des microbes. Je chauffe les mêmes cultures à 100 degrés, à 64 degrés et même à 50 degrés, afin de ne pas modifier les substances chimiques qu'elles tiennent en dissolution; et après filtration, j'injecte les liquides ainsi dépouillés d'orga-

nismes vivants dans les veines d'autres lapins, aux mêmes doses que précédemment. Je ne constate naturellement pas d'intoxication, mais, de plus, je ne vois plus survenir la mort tardive. Le seul phénomène morbide constaté est une albuminurie légère et peu durable, telle qu'elle est d'ailleurs provoquée par l'injection d'un bouillon pur stérilisé.

Je conclus en disant que le bacille-virgule ne sécrète pas le poison cholérique. Je prévois cependant deux objections :

1° On pensera peut-être que le bacille-virgule sécrète le poison cholérique quand il est dans l'intestin et qu'il cesse de le fabriquer si on l'oblige à vivre hors de son milieu naturel. Je crois cette opinion contraire à tous les enseignements de la biologie générale ; les produits naturels de la vie, c'est-à-dire de la nutrition, continuent à apparaître dans toutes les conditions où un organisme peut être placé, pourvu que la vie se maintienne. C'est vrai pour les organismes les plus compliqués, comme pour les végétaux les plus simples. Tant qu'il vit, l'homme fabrique de l'urée et de l'acide carbonique ; tant qu'il vit, le saccharomycès donne de l'alcool et de l'acide carbonique, et si on le place dans de telles conditions qu'il ne fournisse plus de ces deux produits, il cesse de vivre au moins de vie active, il ne se développe plus et ne se multiplie plus. De même pour les agents des putréfactions qui dégagent de l'ammoniaque et des hydrogènes carbonés ; quelles que soient les substances organiques sur lesquelles ils agissent, ils donnent ces mêmes produits tant qu'ils croissent et prolifèrent. Cela est vrai même pour les produits accessoires de la nutrition des microbes, pour les alcaloïdes : l'organisme du pus bleu, tant qu'il vit, dans le pus, sur les tissus vivants ou morts, dans le bouillon, dans la gélatine, dans l'agar-agar, sur les linges humides, fabrique toujours la même pyocyanine. Si le bacille-virgule fait du poison cholérique dans l'intestin, il en doit faire dans le ballon de culture.

2° On pourrait objecter aussi que le lapin peut être réfractaire au poison élaboré par le bacille-virgule comme il l'est à la belladone et à certains alcaloïdes de l'opium ; et que les sécrétions du bacille-virgule, inoffensives pour le lapin, peuvent provoquer chez l'homme l'apparition des symptômes cholériques. J'aurai réfuté cette objection, si je démontre qu'il y a réellement un poison cholérique et si, à l'aide de ce poison, j'intoxique le lapin.

Ce que MM. Feltz et Ritter ont fait les premiers (1880-1881) pour l'étude de la toxicité des urines normales, je le fais depuis trois ans pour l'étude de la toxicité des urines normales et des urines pathologiques de l'homme, je pratique chez le lapin l'injection intraveineuse de ces urines en nature. La recherche que j'ai faite pour tant d'autres maladies, je l'ai faite pour le choléra.

Les urines des cholériques sont toxiques. Elles ont d'abord une toxicité

qui leur est commune avec les urines normales et la plupart des urines morbides ; elles déterminent la contraction pupillaire, l'hypothermie, des troubles respiratoires, la faiblesse musculaire, la diurèse, la narcose et enfin la mort, si l'on injecte une quantité suffisante de ces urines. Mais elles ont de plus une toxicité spéciale qui leur appartient en propre et que je ne retrouve pas dans les urines d'aucune autre maladie. Introduites dans les veines du lapin, elles provoquent presque constamment la cyanose, apparente surtout à la surface de l'oreille, quelquefois les crampes, non pas les secousses convulsives ou tétaniques d'un grand nombre d'urines morbides et de quelques rares urines normales, mais des mouvements d'extension rigide des membres inférieurs ; contractions longues et lentes, qui après avoir cédé se reproduisent au bout d'une à deux minutes, et peuvent se renouveler ainsi pendant plus d'une demi-heure après la fin de l'injection ; une hypothermie considérable qui augmente après l'injection et peut se continuer jusqu'à la mort. L'hypothermie beaucoup plus modérée que procurent les urines normales cesse d'augmenter après dix minutes, et a souvent disparu une demi-heure, trois quarts d'heure au plus après l'injection.

L'injection des urines cholériques détermine encore la diarrhée, qui souvent apparaît immédiatement et qui se prolonge pendant un jour, deux jours et plus, jusqu'à la mort. Cette diarrhée, qui est constituée d'abord par les matières normales de l'intestin, devient très souvent séreuse, opalescente, grisâtre ou rougeâtre, et l'autopsie montre dans l'intestin une matière privée de bile, absolument comparable, pour l'aspect et pour la composition histologique, à la purée cholérique. Il n'y a qu'une différence, c'est que dans ce liquide boueux, constitué surtout par la desquamation épithéliale, on ne trouve pas de bacilles-virgules. Je signale encore un autre symptôme important : l'albuminurie immédiate, intense, persistante à laquelle succède enfin l'anurie. Cette albuminurie ne saurait être comparée à celle que peuvent provoquer les urines normales et qui est exceptionnelle, légère, passagère. Enfin la mort survient après un temps qui varie entre 12 heures et 4 jours, avec hypothermie excessive, la température rectale étant de 34° et même de 33°. Les urines normales peuvent bien provoquer la mort, souvent même à dose moindre, mais alors la mort est toujours immédiate ; si à la fin de l'injection l'animal est mourant, presque toujours il se rétablit et le plus souvent au bout d'une demi-heure il est revenu à l'état normal. Qu'est-ce que tout cet ensemble d'accidents qui semblent reproduire les symptômes cardinaux du choléra? Est-ce le résultat d'une infection ? est-ce l'effet d'une intoxication ? Je ferai remarquer que les accidents débutent au cours même de l'injection, sans incubation ; et j'ajoute que l'intensité des accidents est proportionnelle à la quantité d'urine injectée. Il y a, en effet, des animaux qui guérissent, et le

rétablissement se produit en général au bout de six jours ; ce sont ceux qui dans une même série d'expériences faites avec la même urine ont reçu les plus petites doses. Ne sont-ce pas là des raisons suffisantes pour faire rejeter l'infection et pour faire admettre l'intoxication ?

Mes lapins ont donc été empoisonnés par un poison qui a été puisé dans le corps d'un homme atteint du choléra et qui a reproduit chez le lapin les traits symptomatiques essentiels de ce choléra.

Il est naturel de supposer que cette matière toxique qui existe chez le cholérique et qui provoque chez le lapin le simulacre du choléra, est celle aussi qui a produit les mêmes symptômes chez cet homme atteint réellement du choléra ; qu'elle est, par conséquent, le poison cholérique. Chez l'homme en puissance de choléra, ce poison, d'une façon ou d'une autre, est fabriqué et provoque l'intoxication qui se traduit par les symptômes essentiels de la maladie. Le lapin subit l'intoxication par ce poison cholérique, mais ne le reproduit pas ; il présente les phénomènes de l'intoxication cholérique, il n'a pas le choléra.

Le lapin n'est donc pas réfractaire au poison cholérique, mais j'ai prouvé que ce même animal n'est pas intoxiqué par le liquide de culture de bacille-virgule ; je puis donc conclure maintenant que le bacille-virgule n'est pas l'agent producteur du poison cholérique.

Cela ne prouve pas absolument que le bacille-virgule n'est pas le microbe pathogène du choléra, car il se pourrait que le poison cholérique, en raison de cette perversion de la nutrition que j'ai démontrée tout à l'heure, pût être fabriqué par les cellules humaines aux prises avec le parasite. Mais, encore une fois, pour attribuer un tel rôle au bacille-virgule, il faudrait que ce végétal eût un habitat autre que celui que Koch lui assigne.

Conclusions. — L'analogie nous conduit à considérer le choléra comme une maladie infectieuse, c'est-à-dire comme une maladie à microbe.

Le microbe pathogène, quel qu'il soit, produit ou incite l'organisme humain à produire un poison morbide (poison cholérique).

A cette intoxication spéciale s'ajoute bientôt une autre intoxication par poison normal (poison urémique).

Le myosis est l'indice de cette intoxication surajoutée.

L'agent pathogène du choléra ne peut pas habiter exclusivement la cavité intestinale.

Le bacille-virgule n'est pas l'agent producteur du poison cholérique.

M. Auguste VOISIN

Médecin de la Salpêtrière.

DE L'HYPNOTISME EMPLOYÉ COMME TRAITEMENT DE L'ALIÉNATION MENTALE ET DES APPLICATIONS DE LA SUGGESTION CHEZ LES ALIÉNÉS ET CHEZ LES NERVEUX

— *Séance du 18 août 1885* —

Je vous ai entretenus, il y a un an, de mes essais d'hypnotisme employé comme moyen de traitement de l'aliénation mentale et des grandes névroses et comme agent moralisateur. J'ai continué ces recherches et je viens vous dire quels ont été mes succès et mes insuccès. Je pense que cet exposé vous intéressera, quoiqu'il repose encore sur peu de faits, mais cette méthode thérapeutique demande tellement de temps, de patience et de fatigue, que vous comprendrez ce petit nombre ; et d'ailleurs il est nécessaire dans le début d'essais thérapeutiques de s'attacher à bien étudier les premiers cas, afin de formuler les indications d'une façon suffisante.

Dans un livre récent et justement estimé, de M. Bottey, sur l'hypnotisme, l'auteur, s'inspirant de l'opinion de M. Bernheim, a dit que : « Certains » malades atteints d'affections cérébrales, telles que l'aliénation mentale » sous ses différentes formes, ne peuvent être hynoptisés par suite de » l'état d'excitation dans lequel ils se trouvent et qui rend impossible chez » eux une concentration suffisante du cerveau. »

Ma lecture a pour but de montrer que cette opinion, que l'on trouve, en effet, exposée comme ne pouvant être contestée, dans les livres écrits sur le magnétisme, est erronée.

Les sujets sur lesquels j'ai réussi étaient atteints d'états nerveux et mentaux de diverses formes. Ils sont au nombre de six. La première observation a trait à une femme hystéro-épileptique, aliénée et hallucinée. La deuxième malade était atteinte d'un état mélancolico-hypocondriaque et d'accès léthargiformes. La troisième femme était mélancolique et elle se laissait mourir d'inanition. Une quatrième était hystérique et hypocondriaque. Une cinquième était atteinte de manie subaiguë de nature héréditaire. La sixième observation est relative à un homme dipsomane.

Voici le résumé des six cas dans lesquels j'ai réussi à produire l'hypnotisme :

Observation I. — La première femme, la nommée G., était âgée de 25 ans ; sa grand'mère maternelle était épileptique.

La maladie a débuté, il y a cinq ans, par des attaques convulsives qui ont été rapidement compliquées d'hallucinations et de délire.

Au moment où j'ai commencé à employer l'hypnotisme chez cette femme, elle était atteinte d'hallucinations terrifiantes de l'ouïe et de la vue, et de délire aussi furieux qu'il est possible. Elle nous crachait au visage, elle nous injuriait, elle cherchait à nous mordre. Elle disait que l'*homme de là-haut* lui défend de se laisser endormir, que, suivant lui, elle s'est enivrée ; qu'il ne veut pas qu'elle mange et qu'elle boive ; qu'on la maltraite ; que, cette nuit, un élève du service, après avoir couché avec elle, l'a brouettée et a mis son lit au milieu d'eau ; qu'elle a vu pendant la nuit des serpents de toutes couleurs ramper sur son lit, et surtout un serpent rouge ; elle me disait que je suis un voleur, un assassin, et elle accompagnait ses paroles de menaces ; son regard était alors féroce.

Cette malade présente depuis son entrée dans mon service des périodes d'agitation maniaque qui durent huit à quinze jours.

J'ai commencé à l'hypnotiser pendant ces périodes, en novembre 1884 ; puis je l'ai fait et je le continue en dehors des périodes, comme moyen préventif. Les premières tentatives ont été très difficiles et des plus fatigantes. La malade devait être tenue par cinq ou six employées, pendant que je cherchais à fixer son regard sur la lampe à magnésium ou sur mes yeux ; il était nécessaire de tenir les paupières ouvertes : soit avec mes doigts, soit avec l'élévateur palpébral, et beaucoup de séances ont duré une heure à une heure et demie, surtout dans le début.

Le passage de l'agitation au sommeil a toujours été très rapide, et dès le sommeil la voix a pris un timbre doux et un ton aimable.

Je me suis assuré chaque fois que l'insensibilité et que le collapsus étaient complets. Puis je lui ai suggéré de dormir jusqu'au lendemain huit heures, c'est-à-dire pendant vingt-trois heures et demie, heure à laquelle je lui suggérais de se réveiller, lorsque la surveillante, ou moi, nous lui appliquerions la main sur le front.

S'il ne survient pas d'attaques convulsives, la suggestion réussit, mais il est arrivé souvent qu'une attaque réveillait la malade. Un élève la rendormait alors. Le réveil se fait comme au sortir d'un sommeil naturel. La malade ouvre les yeux, se met sur son séant, puis elle se lève, la face s'anime, elle se colore, quelquefois même elle s'empourpre, ce qui fait un contraste avec le teint décoloré ou d'un jaune pâle qu'elle avait, ainsi, du reste, que toutes les hypnotisées pendant le sommeil.

Pendant son sommeil hypnotique, et conformément à la suggestion que je lui ai donnée, elle prend les repas et le médicament qui lui sont apportés, repas et médicament qu'elle refusait étant éveillée. La malade descend de son lit pour satisfaire ses besoins, elle va dans le water-closet.

Pendant les périodes d'agitation je n'ai laissé la malade réveillée qu'une demi-heure par vingt-quatre heures.

Pendant cette demi-heure, elle reste ordinairement calme, mais si on attend plus longtemps, elle redevient agitée, maniaque.

Après un certain nombre de jours de traitement, l'agitation a cessé, malgré que des attaques soient survenues.

Il faut veiller à ce que l'agitation ne reparaisse pas, il faut empêcher l'habitude maniaque de s'établir.

Ainsi, sur sept jours, cette malade n'est restée à plusieurs reprises réveillée que sept fois une demi-heure.

La malade mange les vivres de l'hôpital et elle prend le bromure pendant l'hypnotisme, alors qu'elle s'y refuse étant éveillée. Son refus de manger et de

prendre le médicament tient à ce que l'homme d'en haut lui défend de se nourrir.

Lorsque l'état maniaque a été en décroissant, je ne l'ai tenue hypnotisée que dix-huit heures sur vingt-quatre heures.

Pendant ce laps de temps, elle est calme. Si, au contraire, pendant les périodes maniaques, on laisse la malade sans être hypnotisée plus d'une demi-heure par vingt-quatre heures, l'agitation revient avec son cortège d'injures et de grossièretés.

Après quatre mois de traitement par l'hypnotisme, cette malade en est arrivée à ne plus avoir depuis deux mois de période maniaque, ou bien, si de la manie fait mine de se déclarer, après une série de 30 à 40 attaques hystéro-épileptiques, elle est arrêtée par l'hynoptisme.

La malade est devenue polie, sociable, aimable même ; elle me remercie des soins que je lui donne ; elle n'a plus d'hallucinations ni de conceptions délirantes et elle ne croit plus, en particulier, que je suis l'assassin de son père. Elle reste hystéro-épileptique, mais non aliénée.

Observation II. — J'ai traité par l'hypnotisme Mme de T..., âgée de 45 ans, qui était atteinte depuis vingt-cinq ans d'un état mélancolico-hypocondriaque et d'accès léthargiformes dont voici la description :

Immobilité subite, apparence du sommeil, abaissement et occlusion des paupières, expression de douleur ; déviation de la commissure labiale gauche en haut et en dehors ; quelques secousses des membres supérieurs du tronc et de la face ; contracture des mains tenues dans l'extension, conservation de la connaissance. La malade fait le geste d'appeler à son aide. Elle ouvre les yeux ; son regard est égaré, puis elle retombe dans la somnolence.

La durée de l'accès est de huit à quarante minutes. Ces accès se reproduisent chaque jour à cinq reprises : à huit heures, à midi, à trois heures du soir, à six heures et à neuf heures du soir. Cette dame a été traitée par bien des médecins sans succès ; elle est arrivée à ne plus participer à la vie sociale, quoique son intelligence soit restée intacte, et à devenir mélancolico-hypocondriaque. Il existe en outre de la gastralgie qui rend l'alimentation très difficile à supporter ; à plusieurs reprises, j'ai pu pendant les accès produire de la contracture des membres supérieurs par extension brusque. Pendant les accès j'ai pu encore déterminer de la fascination au moyen de mon doigt, que ses yeux fixes suivent avec une expression étrange (après l'accès, elle m'a dit que mon doigt avait des proportions considérables).

J'ai commencé, il y a six mois, à hypnotiser cette dame, et je me suis arrangé pour arriver auprès d'elle cinq minutes avant l'heure des accès de midi et de cinq heures. Je me suis servi, tantôt d'un miroir à ophtalmoscope, tantôt d'un crayon en métal et tantôt de passes sur les paupières abaissées.

La somnolence a été dès le premier jour obtenue très rapidement ; la malade a ressenti des éblouissements au bout de deux minutes, puis je lui ai dit : Dormez. Elle s'est mise à dormir. Quelques instants après, j'observais de petites secousses des membres supérieurs qui cessaient par l'apposition de ma main.

J'ai pu pendant cet état produire de la contracture des membres supérieurs, par leur extension brusque.

J'ai suggéré chaque fois à cette dame de ne se réveiller qu'au bout d'une heure à une heure et demie. La suggestion n'a pas toujours été exécutée, mais l'important pour moi était de supprimer les accès et de rompre l'habitude

morbide. A partir de ce moment, aucun accès ne s'est manifesté pendant quatre mois aux heures où j'ai hypnotisé cette malade.

Depuis j'ai supprimé les trois autres accès quotidiens et j'ai empêché la réapparition possible de ces deux premiers accès au moyen de l'application, sur l'épigastre, d'un matelas en étain à circulation d'eau très chaude, cinq fois par jour avant l'heure des accès et pendant un quart d'heure.

OBSERVATION III. — Mme G... est âgée de 25 ans; elle est atteinte d'un état mélancolique : maigreur extrême, haleine fétide, tenant à ce qu'elle ne mange pas ou qu'elle ne mange qu'à peine, depuis huit ans.

Epigastralgie très pénible, étouffements produits par l'aliment le plus léger; impossibilité de manger, quoiqu'elle ait faim. Rien n'a pu jusqu'ici la calmer et elle est dans un état de réelle inanition. Elle pèse 34 kilogrammes. A plusieurs reprises j'arrive chez cette dame à l'heure du dîner; elle ne peut manger, tellement elle souffre de l'épigastre. Apprenant qu'elle a été traitée sans succès depuis huit ans, je la soumets à l'hypnotisme.

Je réussis dès la première fois à l'endormir par la fixation de son regard sur mon crayon en métal et au moment où le clignement palpébral se produit par le mot : dormez. Il est six heures. Je lui suggère aussitôt de dormir jusqu'au lendemain à huit heures, puis de manger tous les aliments qu'on va lui apporter. Elle me répond tout bas sur une intonation de soumission : oui.

Elle mange successivement devant moi deux plats de viande, une assiettée de pommes de terre et une seconde assiettée d'autres légumes, du pain, de l'eau rougie. Elle ne se plaint d'aucune douleur pendant ce repas, contrairement à ce qu'elle fait depuis huit ans, après l'injection du moindre aliment.

Son père me fait remarquer qu'elle mange rapidement, et avec avidité; les yeux sont ouverts, mais atones. Elle me parle, elle me dit qu'elle a faim, qu'elle ne souffre pas.

Tous les deux jours, je lui ai suggéré de manger ainsi à six heures et demie, de se coucher à neuf heures et de se réveiller le lendemain à neuf heures du matin. Puis, je lui ai fait prendre ses repas à la table de famille, pendant son sommeil, en lui suggérant de manger tout ce qu'on mettrait dans son assiette. La digestion de dîners copieux s'est constamment faite sans aucune sensation pénible.

J'ai suggéré une autre fois à cette malade, malgré sa résistance et sa volonté fortement exprimée, d'aller assister à un repas de noces pendant le sommeil hypnotique. Elle y a été.

Après une dizaine de séances, j'ai obtenu par suggestion qu'étant éveillée elle mangerait aux repas intermédiaires entre mes deux visites, et peu à peu, je suis arrivé à n'avoir besoin de l'hypnotiser que tous les quatre jours. L'habitude morbide était rompue. La malade reprit de l'embonpoint. Le traitement cessa au moment où son mari la remmena dans sa province.

OBSERVATION IV. — Mlle B..., âgée de 18 ans, est atteinte depuis huit mois d'hystérie grave caractérisée par des accès convulsifs, par de la parésie et de la contracture du membre inférieur gauche, par de la paralysie de la vessie, par de la cardialgie, de l'entéralgie et par de la gastralgie, par l'impossibilité de prendre d'autres aliments que du lait, en quantité tout à fait insuffisante, du reste; état compliqué de mélancolico-hypocondrie, de troubles des facultés morales, de résistance à tout traitement, à toute volonté qui n'est pas la sienne, d'idées de dominer et de persécuter tous ceux qui l'entourent, et d'insomnie.

La malade était dans un état physique assez inquiétant, la face était bouffie, l'haleine présentait le caractère fétide des individus en état d'inanition; la

malade n'émettait que de 300 à 400 grammes d'urine par jour, que l'on n'obtenait qu'en la sondant. Le médecin de la famille et ses parents étaient surtout préoccupés de l'absence à peu près complète de l'alimentation : aussi je leur proposai l'essai de l'hypnotisme.

Le traitement fut commencé le 20 janvier 1885. J'essayai successivement avec la lampe au magnésium, avec un corps brillant, avec mon doigt, avec mon regard et avec un miroir à ophtalmoscope. Ce dernier moyen me réussit après douze séances de trois quarts d'heure à une heure chacune. Malgré sa résistance, je pus l'hypnotiser une après-midi et je lui suggérai de dormir jusqu'au lendemain matin huit heures, et de manger du potage gras, du poulet et un biscuit à sept heures du soir, et le lendemain à sept heures, un potage gras. La suggestion réussit. Je recommençai les jours suivants de la même façon. Le troisième jour, la quantité d'urine rendue en vingt-quatre heures était de 1325 grammes. Le traitement fut suivi avec succès pendant treize jours mais il survint alors une photophobie des plus intenses, qui nous a forcé d'interrompre momentanément l'hypnotisme.

Observation V. — J'ai été appelé en juin 1885 auprès de Mme M..., héréditairement prédisposée à la folie, atteinte de manie subaiguë et de refus à peu près complet d'alimentation depuis plusieurs mois. Elle avait des hallucinations de l'ouïe, de la vue, de l'odorat et de la sensibilité générale ; elle ne dormait pas ; elle se plaignait de douleurs à l'épigastre qui l'empêchaient de manger.

Caractère insupportable, colère ; elle rendait l'existence de son mari très malheureuse ; c'était des scènes continuelles.

Aucun traitement n'a réussi jusqu'à ce moment à la faire manger et dormir et à la calmer. Je la soumis à l'hypnotisme dès le premier jour où je fus appelé auprès d'elle ; le médecin et le mari étaient présents.

Il est cinq heures et demie ; la malade est endormie au bout de vingt minutes. Collapsus, insensibilité. Je lui suggère de dormir jusqu'à sept heures du soir et de manger ce qu'on va lui apporter. Elle fait un repas complet sans souffrance.

Elle s'est réveillée à sept heures et elle est allée s'asseoir dans la salle à manger à la table de famille, où elle a mangé la même quantité d'aliments qu'habituellement, sans se douter qu'elle avait déjà dîné.

J'ai produit plusieurs jours de suite, avec le même succès, le sommeil hypnotique en lui suggérant en outre d'être douce, affectueuse avec son mari, de ne pas se laisser aller à la colère ; puis j'ai laissé continuer le traitement par son médecin ordinaire, mais il a dû être interrompu à la suite d'une lettre du médecin ordinaire qui contient la phrase suivante :

« Vous devez être étonné de mon silence, mais vous qui connaissez les plus » secrets replis du système nerveux, ne devez pas être surpris que tout ne » marche pas comme sur des roulettes. Les tantes luthériennes fanatiques de » M. de M... lui en ont fait un cas de conscience, et j'ai eu à combattre leur » influence ; j'ai hypnotisé trois fois Madame et il le fallait, car l'état ancien » reprenait le dessus ; chaque fois nous avons eu deux jours de calme consé» cutif, mais depuis quatre à cinq jours, impossible de la joindre. Elle ne tar» dera pas à devenir violente et fantasque, si elle s'affranchit de cette soumis» sion qui révolte sans doute sa nature hautaine et impérieuse ».

Observation VI. — La sixième observation est celle d'un dipsomane, M. H., qui s'enivre tous les quinze jours et qui est pris alors de délire alcoolique subaigu. Il m'est amené contre son gré par sa femme et par son frère. J'ai

pensé, en me reportant à un fait qui m'a été raconté par M. le professeur Liégeois, que la suggestion hypnotique pourrait produire des effets satisfaisants. J'ai été d'abord surpris de la facilité avec laquelle j'ai hypnotisé ce dipsomane; trois minutes ont suffi pour l'endormir complètement, avec collapsus et insensibilité.

Je lui ai suggéré de dormir une demi-heure. La suggestion a réussi. Le lendemain, même résultat des plus faciles. Je lui ai suggéré cette fois de ne plus boire avec excès.

Il est reparti pour la province le lendemain; j'ai appris récemment de sa femme (deux mois après la suggestion) qu'il n'avait pas encore recommencé à s'enivrer.

J'ai échoué dans mes tentatives d'hypnotisme chez deux aliénées atteintes de manie aiguë; chez une hystérique en état de délire subaigu; dans deux cas d'alcoolisme aigu et sur une enfant de neuf ans atteinte de surexcitation nerveuse généralisée et d'épilepsie.

Il se peut que les insuccès d'hypnotisme tiennent à l'insuffisance des procédés ou encore à la différence d'efficacité des mêmes procédés, suivant les malades.

La façon de faire du docteur Brémond, c'est-à-dire les secousses, le tournis qu'il imprime à ses sujets pour les étourdir, m'a donné l'idée de faire installer dans mon service de la Salpêtrière un fauteuil tournant où je placerai les agitées pendant une à deux minutes avant de les hypnotiser. J'en observerai les résultats.

Permettez-moi maintenant, Messieurs, de vous exposer quelques considérations auxquelles me paraissent se prêter ces observations :

1° L'hypnotisme peut-être obtenu chez les aliénés malgré leur résistance, malgré leurs cris et en dépit même du bruit qui se fait dans les salles.

2° J'ai été frappé, chez tous les aliénés que j'ai hypnotisés, de la modification instantanée du ton de la voix dès la production du sommeil.

L'intonation devient douce, affectueuse, presque câline, soumise; la voix est basse. Cette intonation peut ne durer que quelques instants et être remplacée par la voix ordinaire, ou bien elle dure tout le temps du sommeil. Le contraste est des plus frappants ; c'est ainsi que des malades qui m'injuriaient, qui me crachaient au visage, répondent poliment à mes demandes en m'appelant M. Voisin, au lieu de me traiter de cochon, d'assassin, etc., sur un ton irrité et menaçant.

Ce ne sont plus alors les mêmes individus que quelques instants avant, la personnalité est absolument changée; au lieu d'avoir devant soi un aliéné (1), on a une personne raisonnable qui répond d'une façon sensée, qui vous dit ce qu'elle a fait le jour même, la veille, etc., qui, lorsqu'on l'interroge sur le motif des injures proférées, des accusations d'assassin, etc., vous répond qu'elle les regrette et que, ainsi que je l'ai relaté dans l'observation I, c'était la voix qui le lui disait.

(1) Il est entendu que les aliénés n'étaient pas en démence.

3° J'ai pu même, par suggestion, enlever à une malade l'idée que j'avais assassiné son père et la convaincre qu'elle devait cesser de m'injurier lorsqu'elle serait réveillée. Cette suggestion, répétée pendant plusieurs sommeils hypnotiques, a fait disparaître les hallucinations et l'idée délirante.

4° Le travail peut encore être imposé à ces aliénés contrairement à leur volonté et malgré leur résistance à la suggestion. C'est ainsi que je fais tricoter à ces malades à l'état de veille des bas pour les enfants pauvres (en voici). C'est ainsi que je leur fais apprendre des vers de Lamartine, des fables, des morceaux de littérature en prose et en vers, et que j'ai suggéré à une aliénée d'écrire sur un cahier tout ce qu'elle m'avait récité. Or, ces récitations lui avaient été suggérées pendant le sommeil ; je le lui ai suggéré il y a trois mois, et sans que j'aie renouvelé la suggestion, elle continue à le faire. (Voici ce cahier.)

Je lui ai demandé à plusieurs reprises pourquoi elle le faisait, elle m'a répondu qu'elle ne savait pas, que ça lui était agréable. (Je verrai combien de temps cela durera).

Ainsi, voilà une suggestion assez compliquée qui est déjà exécutée depuis trois mois.

Il y a des aliénés et des nerveux hypnotisables, chez qui les suggestions à exécuter à l'état de veille sont suivies de succès et d'autres chez lesquels l'insuccès est la règle. Je n'ai pas observé chez les aliénées à suggestions que l'exécution des ordres soit précédée, comme l'a dit Grasset (1), d'un état intermédiaire qui présente les caractères du somnambulisme.

5° La suggestion a une très grande importance chez les aliénés qui se refusent à manger et chez les nerveux qui ont de la gastralgie, et qui ne peuvent supporter qu'une quantité insuffisante d'aliments.

6° Il est utile de savoir, eu égard aux luttes qu'il faut quelquefois soutenir contre les aliénés agités, qu'on peut hypnotiser une aliénée en n'agissant que sur un œil.

7° J'ai pu fréquemment savoir de ces aliénées pendant le sommeil hypnotique ce qu'étaient devenus des objets disparus, et, lorsque c'étaient elles qui les avaient pris, à qui elles les avaient dérobés, et je leur ai suggéré d'aller les rendre à leur propriétaire, à telle heure, étant éveillées.

J'ai pu savoir si elles avaient des complices parmi leurs compagnes ou parmi les employées.

Or, il est presque impossible, on le sait, d'obtenir aucune confidence d'une aliénée dans les conditions habituelles.

J'ai pu encore savoir, dans plusieurs cas, des détails confidentiels qui ont éclairé la pathogénie de la maladie mentale et dont le médecin peut tirer un grand parti. C'est ainsi que le dipsomane m'a avoué que les excès de

(1) Société de Biologie, juillet 1885.

boisson étaient la cause de son état maladif (or, vous savez qu'un dipsomane n'avoue jamais la cause de son état).

C'est ainsi que Mme G... (observation III) m'a dit, et l'a dit devant moi à son père, qu'elle avait eu beaucoup de peine à s'habituer aux rapprochements avec son mari, qu'elle n'en avait jamais éprouvé le moindre plaisir et qu'elle n'avait ni les mêmes goûts, ni les mêmes idées que lui, que cela la rendait malheureuse et était la cause de sa maladie.

Or, étant éveillée, elle ne faisait aucune confidence, et son père et sa mère n'avaient jamais pu obtenir aucun aveu.

C'est ainsi encore que la malade M... (observation IV) m'a confié qu'elle n'éprouvait aucune sensation agréable avec son mari, qu'elle en était dégoûtée, qu'elle avait en toutes choses des idées absolument différentes des siennes et que c'était la cause des disputes du ménage.

Or, à l'état de veille, elle n'y faisait aucune allusion et elle ne donnait aucune explication de sa mauvaise humeur vis-à-vis de son mari et des scènes qu'elle lui faisait dans son intérieur.

En résumé :

Les quatre conclusions suivantes m'ont paru pouvoir être tirées des observations d'aliénés et de nerveux atteints de délire partiel ou d'excitation maniaque que j'ai traités avec succès par l'hypnotisme.

1° L'hypnotisme produit un effet immédiat, bien saillant : *le sommeil* et *le calme*, qu'aucun médicament ne pourrait amener, d'une façon aussi instantanée et aussi complète, sans présenter de danger.

2° Il en résulte une série de phénomènes consécutifs, en tête desquels il faut placer la diminution et la suppression de l'habitude morbide.

3° L'hypnotisme permet d'employer la suggestion et d'amener, par son influence, des modifications des idées, du caractère et des instincts ; le retour aux travaux manuels et intellectuels ; la cessation d'hallucinations et de conceptions délirantes ; le rétablissement de fonctions organiques ; la suspension de gastralgie et d'entéralgie, la possibilité par conséquent d'une alimentation régulière chez des aliénés et chez des nerveux qui se refusent à manger et, partant, une bonne hygiène et ses conséquences favorables.

4° L'hypnotisme permet encore d'obtenir, de malades qui se refusent à rien dire qui puisse éclairer le médecin, des confidences qui lui permettent de connaître les causes et la pathogénie de leur affection nervoso-mentale, et de donner des soins physiques et moraux mieux appropriés à leurs souffrances.

M. P. DIDAY

Ex-Chirurgien en chef de l'Antiquaille, à Lyon.

RÉSURRECTION DE LA BLENNORRHAGIE

— *Séance du 13 août 1885* —

Deux méthodes d'observation concourent à pénétrer les mystères de la pathogénie microbienne ; méthodes qui diffèrent, mais sont loin de s'exclure.

L'une, toute de constatation matérielle, a un triple objectif : une maladie étant donnée, et bien spécialisée, prouver que le parasite qui est réputé cause : 1° existe chez tous ces malades ; 2° n'existe que chez ceux-là ; 3° isolé par la culture, puis inoculé à un sujet sain, y engendre la maladie.

L'autre méthode remonte de l'effet à la cause. Elle compare l'évolution de ladite maladie chez l'homme à ce qu'on connaît dudit parasite évoluant sur son terrain à lui, dans le milieu propre à la vie végétale. Et si ces deux évolutions apparaissent analogues à l'observateur ; si surtout, fouillant dans l'histoire naturelle de la maladie, il y a découvert quelque circonstance, quelque symptôme qui ne s'explique que par la présence, par le fonctionnement usuel du parasite, eh bien ! il espère, en utilisant au profit de la médecine cette donnée biologique, n'être désavoué ni par la science qui fait les lois, ni par la science qui les applique.

Je viens vous parler d'un de ces faits, méconnu, ce me semble, jusqu'ici et qui cependant passe journellement sous nos yeux. Il s'agit de la blennorrhagie uréthrale, et d'un trait de son évolution classique.

Un homme est atteint de cette maladie depuis quatre à cinq semaines. Traitée par les seuls délayants, l'inflammation s'est apaisée graduellement ; peu à peu, par une décroissance continuelle, l'écoulement et la douleur ont décliné. Ce n'est pas encore la maturité, mais ce n'est plus l'acuité.

En cet état, on administre le copahu. Il guérit, ou il ne guérit pas. — Voyons ce qui a lieu dans le second cas.

Le plus souvent, quelque chose de singulier, et justement le fait que je vous ai annoncé.

Donc, vous avez continué le remède dix ou douze jours. L'écoulement a sensiblement diminué ; mais comme néanmoins il ne diminue plus, vous jugez opportun de cesser la médication.

Qu'arrive-t-il alors ? Naturellement, l'écoulement reparaît : et vous vous y attendiez bien. Mais il reparaît *plus abondant qu'il n'était avant qu'on*

n'ait pris du copahu! — Précisons : chaudepisse commencée, je suppose, le 1[er] mai ; traitée par les délayants jusqu'au 5 juin. A ce moment, écoulement fort comme 4. — Copahu donné du 5 au 15 juin : à ce terme, écoulement réduit à 2. — Copahu cessé le 15. Dès le 18, écoulement fort comme 6 ; état qui se prolonge de quatre à six jours, après lesquels retour au degré d'abondance primordial, à l'état qui existait avant de commencer le copahu.

Le fait est trop piquant pour qu'on ne tente pas de l'expliquer ; et vous vous y essayez sans doute, en ce moment, Messieurs ; et j'y fournirai moi-même, tout à l'heure, mon effort. Mais, dès à présent, du seul énoncé des termes du problème une importante conséquence ne ressort-elle pas ? Si, comme le prétend toute une école, la blennorrhagie ne provenait que de l'action d'une cause irritante, le temps perdu par l'administration du copahu aurait été simplement du temps perdu. Une fois la médication cessée, l'inflammation reparaîtrait ; elle reparaîtrait, au pis aller, au même degré qu'avant la médication, mais non pas plus forte. Il y a donc là quelque chose de plus qu'une phlegmasie commune. — Disons aussi que cet effet n'appartient point exclusivement aux remèdes antiblennorrhagiques internes. Il s'observe à la suite de toute cause qui a supprimé momentanément la fluxion uréthrale. On le note très fréquemment après l'emploi prolongé des injections astringentes. Ce ne sont pas non plus les seules blennorrhagies atténuées par le traitement qu'on voit ainsi ressusciter, et payer en quelque sorte alors leurs arrérages. Il en est de même de celles qui diminuent pendant la durée et par le fait d'une maladie intercurrente aigüe (angine, bronchite, fièvre typhoïde, polyarthrite rhumatismale). Plusieurs fois, en pareil cas, j'ai pu constater que, l'état fébrile disparu, l'écoulement reparaît, et reparaît plus fort qu'il n'était avant l'invasion de la maladie générale. Mais, comme je l'ai dit plus haut, cette recrudescence n'est que temporaire.

Ces exemples me sont une transition naturelle pour déterminer le rôle du microbe dans l'évolution, je pourrais dire dans les surprenantes évolutions de la blennorrhagie ainsi traitée. En effet :

Puisqu'une perturbation de l'organisme exerce sur le processus blennorrhagique la même influence atténuatrice que le copahu, on peut en inférer que le copahu ne guérit pas par une action directe sur le parasite, mais plutôt en modifiant le terrain où celui-ci trouve son aliment.

Considérons, d'autre part, que, comme tous les êtres de cet ordre, le micrococcus blennorrhagique ne se segmente, c'est-à-dire ne se multiplie que tant que le milieu nutritif qu'il habite n'est pas épuisé.

Que, par conséquent, si à l'épuisement complet du terrain correspond la cessation définitive du travail de multiplication (c'est-à-dire la mort du parasite) au simple appauvrissement de ce même terrain doit correspondre la langueur de ce même travail.

Car, dans cette classe d'êtres, vivre et proliférer étant deux choses connexes, inséparables, on peut dire que, quelque peu de vie que notre gonococcus conserve (quelque peu de vie, dans l'espèce, que lui laisse le copahu), il l'emploie à *préparer* ses prochaines segmentations.

Si bien que — comme, au printemps, une ondée succédant à quinze jours de sécheresse, imprime à la vie végétale une activité qui toujours étonne, quoique toujours prévue — de même lorsque, en supprimant le copahu, vous avez rendu au terrain uréthral ses qualités nutritives, toutes les segmentations retardées, en suspens faute d'aliment, reprennent leur essor, et, pour le clinicien, réalisent ce débordement du flux blennorrhagique, que j'appelle une *résurrection.*

Combien de temps cet essor met-il à produire son effet? Combien faut-il de temps, à partir de la cessation du copahu, pour que la surabondance d'écoulement se manifeste?... Combien de temps?... Je l'ai dit: trois ou quatre jours; juste la durée classique de l'incubation de la blennorrhagie. C'est donc juste le même temps, remarquons-le, dans l'un et l'autre cas, à sa *résurrection* comme à sa naissance, que le parasite demande pour s'implanter sur le terrain conquis ou reconquis, pour y réaliser à son profit et à notre détriment les caractéristiques altérations de tissu, qui sont à la fois les conséquences, les conditions et les manifestations de son existence.

L'être qui vit dans un milieu donné, a-t-il plus ou moins de tendance, selon que ce milieu est plus ou moins nutritif, à s'y multiplier par dissociation de ses éléments? Quelque rationnelle que paraisse cette influence, on pourra la nier, la taxer d'hypothétique parce qu'on ne la voit pas en action. Des végétaux d'un ordre supérieur nous la montrent cependant réalisée. Des *boutures* — segmentation visible à l'œil nu, celle-là — périront si vous les plantez dans un sol inapproprié : elles prospéreront dès que vous leur aurez rendu, selon les espèces, le terreau, la terre de bruyère, la fumure spéciale où elles trouvent leur aliment. Les *greffes* — autre exemple de segmentation multiplicatrice — les greffes n'ont pas réussi cet été, ou plutôt aucun jardinier n'en a fait. Pourquoi? parce qu'il savait bien que la sève d'août ayant manqué ou étant insuffisante à cause de la température torride que nous subissons, le bourgeon inséré au sein d'un végétal desséché n'aurait pas eu là ce qu'il lui faut pour reprendre et donner vie.

Quelque jugement qu'on porte sur mon explication du phénomène, qu'elle paraisse démontrée, vraisemblable ou spécieuse, le phénomène, lui, demeure réel, fréquent, indéniable, et il contient plus d'un enseignement susceptible d'éclairer les écueils, de répondre aux exigences de la médecine clinique.

En face d'une *résurrection* blennorrhagique, que fera le praticien? Ce

que longtemps j'ai fait moi-même : « Vous avez revu une femme, vous avez repris du mal ! » disais-je sans hésiter au pauvre client. — « C'est depuis que j'ai pris *votre copahu* que je coule davantage, » me répliquait-il (et, convenons-en, avec non moins de raison).

Or, voyez les conséquences de l'une et de l'autre méprise. Si c'est une nouvelle chaudepisse, voilà un mois encore, au bas prix, qu'il faudra laisser couler ! D'autre part, si c'est la faute du copahu, le malade désormais refusera d'en prendre ou trichera sur la durée et les doses de cette médication nécessaire. Édifiez donc le patient sur ce redoublement de l'écoulement, sur l'origine, sur la nature, partant sur le caractère essentiellement éphémère de cette reviviscence insolite qui l'effraye.

Mais le client ne vous paraît qu'à moitié rassuré ; et je le comprends, rien ne ressemblant plus à une nouvelle chaudepisse qu'une chaudepisse qui a l'air de recommencer. En ce cas, laissez là les raisonnements et appelez-en au temps. « Vous êtes aussi autorisé à douter de l'innocuité de ma drogue, lui direz-vous, que je le suis, moi, à douter de la régularité de votre conduite. Mais attendons cinq ou six jours. » Ainsi proposé, ainsi fait. Et *le sixième jour*, l'écoulement s'étant de lui-même réduit aux proportions qu'il avait avant qu'on ne prît du copahu, aucun doute dès lors ne saurait subsister ; et le dogme de la résurrection compte un adepte de plus, un adepte sincère et convaincu.

Ceci peut suffire pour le client ; mais nous, médecins, ne nous bornons pas à la vaine satisfaction d'un triomphe d'argumentateur. Cette résurrection jette un jour précieux sur le pronostic et sur la thérapeutique. Elle nous apprend que cette chaudepisse avait encore une certaine activité ; en d'autres termes, que la colonie microbienne a encore de quoi vivre pendant quelque temps sur le terrain uréthral. Déduisez ces conséquences au malade ; par ce qui vient de se passer sous ses yeux, démontrez-lui la nécessité d'attendre encore, avant d'attaquer à nouveau sa blennorrhagie ; d'attendre plus longtemps qu'il ne l'aurait cru et qu'il ne s'y serait soumis sans cette preuve de fait.

En ressuscitant, l'ennemi a laissé voir ce qu'il lui restait de forces : il vous met ainsi à même — sachons en profiter — de mieux déterminer le moment où vous pourrez à coup sûr lui livrer l'assaut décisif.

M. A. LUTON

Professeur de Clinique médicale à l'École de Reims.

PROPOSITIONS SUR LES INJECTIONS INTRA-MUSCULAIRES DE MERCURE MÉTALLIQUE CONTRE LA SYPHILIS

— *Séance du 14 août 1885* —

Première proposition. — Le tissu musculaire offre, de préférence au tissu cellulaire, une voie à l'*absorption* du mercure métallique.

Deuxième proposition. — Cette absorption est prouvée : 1° Par les *effets thérapeutiques*. Dans tous nos cas, dont le nombre s'élève aujourd'hui à 15 au moins, et tous choisis parmi les plus fâcheux, des résultats avantageux, souvent complets, ont été constatés.

Troisième proposition. — 2° Par la production possible, mais non constante, de la *stomatite mercurielle*.

Dans deux circonstances au moins, une salivation formidable est venue démontrer, au-delà du nécessaire, une absorption indispensable d'ailleurs au succès.

Nota. — Un pareil résultat eût été de nature à faire renoncer à ce moyen, si nous n'avions pas dans le *soufre* un remède bien autrement efficace que le chlorate de potasse. Il doit être donné en électuaire à la dose de *cinq grammes* au moins par jour.

Quatrième proposition. — 3° et enfin par l'*examen direct* fait sur l'animal.

Une injection mercurielle, pratiquée dans les muscles de la cuisse d'un lapin, a montré, au bout de 41 jours, le mécanisme de l'absorption dans ces cas. C'est une sorte d'*émulsion*, qui tend alors à se produire par un appel de leucocytes, et qui apparaît sous forme d'un pus très concret emprisonnant les globulins de mercure. Le métal, ainsi atténué, est enfin attaqué chimiquement avant d'entrer dans la circulation.

Nota. — Cependant on pourrait aussi bien invoquer ici un phénomène de *diapédèse*, amenant peu à peu le mercure dans les vaisseaux. Mais alors pourquoi cette influence d'un milieu acide ? car le tissu cellulaire est loin d'être aussi propre que le muscle à l'absorption du mercure métallique.

Cinquième proposition. — Historiquement et pour les *détails de l'opération*, c'est dans le numéro de novembre, 1882, des *Archives générales de médecine*, et dans un article intitulé : *Des milieux hypodermiques*, qu'on trouvera ce qui importe à cet égard.

Nota. — Mais nous reviendrons volontiers sur la question des *doses*, en recommandant de débuter par *un gramme* au plus du métal, et en prenant pour règle de la répétition des injections l'évaluation en bichlorure de la dose de mercure primitivement employée.

Or, à ce titre, on saura que 1 gramme de mercure donnerait 1 gr. 354 de bichlorure : cela correspond à environ 130 pilules de Dupuytren. Le temps qu'il faudrait pour consommer ce nombre de pilules et la lenteur de l'absorption du mercure par les muscles sont des données sensiblement corrélatives.

Sixième proposition. — Les *avantages* de la méthode des injections mercurielles intra-musculaires sont : 1° l'*efficacité*, 2° la *garantie des voies digestives*, 3° et la faculté d'*espacer* les opérations à des intervalles susceptibles d'être calculés.

Toutefois, nous ne recommandons notre méthode, jusqu'à nouvel ordre, que pour les cas graves et invétérés de la syphilis à la période dite de transition et tertiaire.

Nota. — Tout en conseillant l'emploi simultané des *toniques* avec la médication mercurielle, nous ferons remarquer qu'ici, comme avec d'autres méthodes, un *engraissement*, bien et dûment constaté, prouve que le mercure lui-même joue le rôle d'un véritable tonique.

Septième proposition. — Nous mentionnerons pour mémoire que le mercure forme des *amalgames*, qui pourraient au besoin recevoir d'utiles applications.

M. S. LIMOUSIN

Pharmacien, à Paris.

NOUVEAU MODE DE PRÉPARATION DES INJECTIONS HYPODERMIQUES

— *Séance du 14 août 1885* —

L'intéressante question de la bonne conservation des solutions destinées aux injections hypodermiques préoccupe depuis longtemps les médecins et les pharmaciens. Les uns et les autres ont imaginé et préconisé différents moyens pour arriver à un résultat pratique.

Malheureusement, presque toutes ces méthodes laissent beaucoup à désirer et ne répondent pas au but qu'on voulait atteindre.

Pour obvier aux inconvénients de ces procédés, et pour mettre entre les mains des praticiens des injections toutes préparées dans de bonnes conditions de conservation, j'ai préparé les ampoules hypodermiques que j'ai l'honneur de soumettre à votre appréciation.

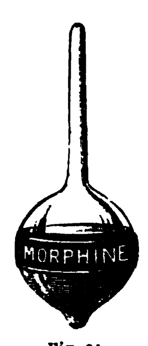
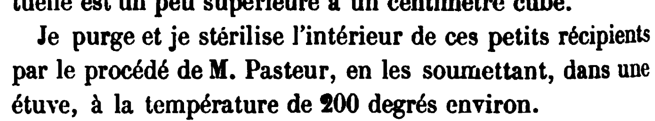


Fig. 84.

Ces ampoules ont la forme d'un ballon minuscule de forme légèrement ovoïde. Elles sont terminées par un tube de verre effilé presque capillaire et leur contenance habituelle est un peu supérieure à un centimètre cube.



Je purge et je stérilise l'intérieur de ces petits récipients par le procédé de M. Pasteur, en les soumettant, dans une étuve, à la température de 200 degrés environ.

Je les remplis ensuite avec la solution médicamenteuse, soit en introduisant la pointe de l'ampoule chauffée dans le liquide froid, soit en injectant le liquide chaud avec un petit injecteur à pointe très effilée.

L'ampoule étant remplie, je la ferme à la lampe oxyhydrique, en portant l'extrémité du petit tube qui la termine dans le jet de la flamme.

La solution ainsi emprisonnée se conserve à l'abri des germes contenus dans l'air et sans qu'elle puisse être modifiée, soit par évaporation d'une partie du liquide, soit par le grimpement du sel.

C'est surtout pour les injections d'ergotine et de chlorhydrate de morphine que ce procédé offre de grands avantages, bien qu'il puisse être appliqué aux injections hypodermiques de tous les alcaloïdes.

J'ai conservé dans ces ampoules des solutions d'ergotine (extrait de seigle ergoté de Bonjean) qui sont restées absolument intactes depuis le

commencement de l'hiver dernier, tandis que ces mêmes solutions renfermées dans des flacons bouchés à l'émeri s'altéraient au bout de quelques jours.

Celles que je mets sous vos yeux ont été exposées, pendant les mois de juin et de juillet, à la chaleur et à la lumière directe du soleil, sur une fenêtre, et comme vous pouvez le constater, elles ne présentent pas trace d'altération.

J'ai conservé également depuis plus de dix-huit mois des solutions de chlorhydrate de morphine qui n'ont subi aucune altération. La nuance seule de la liqueur est devenue plus foncée en vieillissant.

En terminant, je dois dire que c'est à l'instigation de mon excellent ami et collègue le docteur Duhomme, président de la Société de Thérapeutique, que j'ai entrepris le petit travail que je soumets à votre compétente appréciation.

M. J. TEISSIER

Professeur à la Faculté de Médecine de Lyon.

SUR CERTAINES FORMES D'ALBUMINURIE TRANSITOIRE

— *Séance du 14 août 1885* —

Parmi les formes d'albuminurie transitoire qui méritent une attention toute spéciale, il faut mentionner surtout celle que Pavy vient de décrire récemment au dernier congrès de l'Association britannique sous le nom d'*albuminurie intermittente cyclique*. Au moment où paraissait la note du célèbre médecin anglais, j'avais déjà réuni six observations analogues : j'insisterai seulement dans cette communication sur ce que les faits qui me sont personnels ont pu présenter de particulier ou de nouveau.

Ces six cas se rapportent exclusivement à des sujets jeunes (de quinze à trente ans) issus de familles comptant un certain nombre de membres rhumatisants ou franchement goutteux : cinq sont du sexe masculin. Le dernier fait concerne une jeune fille de seize ans ayant eu quelques années auparavant une coxalgie hystérique dont elle a d'ailleurs complètement guéri.

L'*albuminurie* se présente alors dans des conditions toujours identiques : absolument absente le matin dans l'urine rendue à jeun et quelquefois

même dans l'urine rendue immédiatement après le repas de midi ; l'albumine commence à faire son apparition une heure ou deux après ce repas ; ses proportions, très faibles d'abord, augmentent ensuite progressivement pour décroître à partir de cinq ou six heures et disparaître totalement le soir. Les quantités d'albumine ainsi rendue ont toujours été trouvées très faibles (0,10 à 0,40 centigrammes au maximum et par litre) : le chiffre qui se rapporte à la quantité limitée d'urine sécrétée l'après-midi est naturellement plus faible encore. Enfin, bien que cette albumine réponde aux principaux réactifs connus, il est bon de noter qu'habituellement *non rétractile*, elle est en général peu sensible à la chaleur, qu'elle précipite parfois tardivement avec l'acide nitrique, tandis qu'avec le réactif acéto-picrique ou l'alcool absolu elle réagit très franchement.

Le plus souvent les dépôts urinaires ne contiennent pas *de véritables cylindres*, mais on y rencontre fréquemment de longs moules muqueux très transparents et chargés de cristaux uratés, quelquefois aussi de petites plaques granuleuses, faiblement colorées par le carmin, qui se dissocient par la pression et semblent être de la matière albuminoïde spontanément coagulée.

Mais ce qu'il y a de plus intéressant, et qui paraît avoir échappé à l'observation de Pavy, c'est que *ce cycle pathologique* présente dans son évolution un certain nombre de phases qui se succèdent régulièrement dans le même ordre. Ainsi, l'apparition de l'albuminurie est précédée d'une élimination considérable de matières colorantes ; puis, lorsqu'elle commence à diminuer, elle est remplacée par une excrétion exagérée d'urates ; l'élimination de ces sels est elle-même *temporaire*, car ceux-ci ne tardent pas à céder la place à de nombreux cristaux d'azotate d'urée : de telle sorte que le *cycle complet du phénomène morbide comprend les quatre termes suivants :* 1° élimination exagérée de matières colorantes ; 2° albuminurie ; 3° uraturie ; 4° azoturie. Mais, chose très remarquable encore, il se peut faire que la succession de ces différents phénomènes forme un cycle à plus longue évolution ; chacune de ces différentes phases demande par exemple une journée, comme chez un de nos malades où nous avons pu constater l'albuminurie intermittente cyclique trois fois de suite, à un mois d'intervalle, et sans que pendant ces intervalles l'urine ait présenté la moindre altération.

La santé générale des sujets en question n'était pas aussi bonne que dans les quatre faits relatés par Pavy. A part deux d'entre eux, qu'on peut considérer comme bien portants, les quatre autres avaient des fatigues variées : les uns avaient des troubles digestifs avec un certain degré de dilatation stomacale, deux étaient hypocondriaques, deux autres avaient des vomissements parfois répétés, tous étaient doués d'une très grande impressionnabilité nerveuse. En tout cas, cet état ne paraît pas vraisem-

blablement bien sérieux : deux de nos malades sont aujourd'hui complètement guéris. Il est permis de se demander cependant si cette guérison est bien solide, et si les accidents actuellement disparus ne sont pas susceptibles de se reproduire dans un avenir plus ou moins prochain.

Il serait prématuré assurément de vouloir donner, dès maintenant, une interprétation physiologique de cette forme particulière d'albuminurie. Il est plus que probable, en tout cas, qu'il ne faut pas incriminer uniquement l'influence de la digestion, car on ne saurait comprendre alors pourquoi le repas du soir n'entraîne pas de son côté la production de l'albuminurie. L'augmentation de pression circulatoire qui accompagne en général le travail digestif et invoquée par Bar au congrès de l'Association britannique, ne saurait non plus être incriminée ; nous avons remarqué que chez nos malades pendant la période d'élimination albumineuse le pouls était plutôt mou, et la pression artérielle, mesurée au sphygmo-manomètre du professeur Potain, en général basse.

D'autre part, étant donnés les antécédents spéciaux des sujets et surtout cette succession constante et cyclique des phénomènes : albuminurie, uraturie, azoturie ; ces deux premiers termes représentant deux phases retardées de la combustion parfaite qui aboutit à l'azoturie, nous avons de la tendance à rattacher ces accidents à une *prédisposition constitutionnelle*, diathésique, qui aurait pour caractère ou pour résultat une lenteur particulière apportée à la combustion des matières albuminoïdes dans l'économie. Peut-être n'y a-t-il là que des manifestations prémonitoires de la diathèse urique.

Quoi qu'il en soit, on peut dès aujourd'hui admettre que le type d'albuminurie auquel Pavy a donné le nom d'*albuminurie intermittente cyclique* existe bien cliniquement. Il est important de bien connaître ces faits et surtout d'en poursuivre l'étude avant de trancher un certain nombre de questions graves (mariage, assurances sur la vie) qu'on peut soulever à leur propos.

M. P. SPILLMANN

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy.

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE DE LA FIÈVRE EXANTHÉMATIQUE BULLEUSE

On a décrit, sous le nom de pemphigus aigu, de fièvre pemphigoïde, de fièvre bulleuse, une maladie excessivement rare, dont la marche rap-

pelle celle des maladies infectieuses aiguës. Elle est caractérisée par un début brusque, un frisson initial violent, avec élévation de température à 40°, et des accidents généraux. On voit se développer simultanément sur la peau un exanthème formé de taches rouges, un peu saillantes, sans disposition spéciale, mais disséminées irrégulièrement sur tout le corps. Au milieu de ces taches se forment bientôt de petites vésicules, remplies d'un liquide clair, transparent; elles se développent très rapidement et atteignent le volume d'un œuf de pigeon et même de poule quand elles n'éclatent pas auparavant. Puis l'enveloppe de la vésicule se dessèche, l'épiderme se régénère et on voit persister pendant un certain temps une tache d'un rouge jaunâtre, puis brune. Dans l'intervalle, de nouvelles poussées éruptives se produisent, la fièvre reste élevée et continue. Des éruptions analogues se développent sur les muqueuses accessibles à la vue; elles se transforment en érosions douloureuses et saignent à tout mouvement. On observe en même temps de la bronchite et de la diarrhée, ce qui ferait supposer qu'il se produit également un énanthème. La terminaison est presque toujours fatale et la mort survient au milieu de complications cérébrales ou pulmonaires.

Parfois l'éruption se complique d'eschares gangreneuses de la peau (pemphigus aigu gangreneux).

Dans les cas favorables, les poussées s'arrêtent du huitième au quinzième jour; la fièvre diminue d'intensité et présente de fortes rémissions matinales, puis elle disparaît. Les parties dénudées se couvrent d'épiderme. Enfin, après une convalescence fort longue, analogue à celle des maladies infectieuses graves, et accompagnée souvent d'alopécie, on voit la guérison s'établir.

En observant un cas de pemphigus aigu dont j'ai publié la relation dans les *Annales de Dermatologie et de Syphiligraphie* de janvier 1881, j'ai eu l'idée qu'il s'agissait là d'une fièvre infectieuse. Caractères cliniques et marche de la maladie, généralisation de la lésion cutanée, lésion du sang et des viscères, présence d'organismes inférieurs que j'avais constatée dans le sang et le liquide des bulles, tout semblait plaider en faveur d'une infection.

Le professeur Cantani a du reste émis une opinion analogue.

Depuis, M. le Dr Paul Gibier, dans un intéressant travail sur la bactérie du pemphigus paru dans les *Archives de Dermatologie* du mois de février 1882, a décrit un microbe du pemphigus aigu; c'est, dit-il, une bactérie constituée, à l'état adulte, par une série d'articles disposés en chapelets de 2 millièmes et demi de millimètre sur une longueur de 4 à 40 millièmes de millimètre, réunis au nombre de deux à vingt articles arrondis se confondant au niveau des points en contact. Cette bactérie est douée d'une mobilité assez grande, étant données ses dimensions. A l'état jeune, elle est représentée par des granulations arrondies sem-

blables à celles qui constituent les bâtonnets, mais isolées ou groupées tantôt sans ordre, tantôt en zooglea.

M. Gibier a trouvé cette bactérie dans le liquide des bulles fraîches ; l'urine en contenait une grande quantité. La culture de l'urine et du liquide des bulles a donné la reproduction de ces êtres inférieurs. L'injection sous-cutanée du liquide des bulles au cobaye, au lapin et au chien, ne paraît produire aucun trouble chez ces animaux.

Nous avons été assez heureux pour observer un nouveau cas de fièvre exanthématique bulleuse ; la malade qui fait le sujet de cette observation a été vue, à plusieurs reprises, par nos maîtres, MM. les professeurs Bernheim et Hecht, de Nancy.

Notre excellent collègue, M. Baraban, a bien voulu examiner les liquides pathologiques.

OBSERVATION. — *Fièvre exanthématique bulleuse. — Bactéries dans le liquide des bulles, dans le sang et dans l'urine. — Symptômes cliniques d'une maladie infectieuse. — Mort.*

Mme M... est âgée de 39 ans ; c'est une femme brune, d'une constitution robuste ; elle jouit habituellement d'une excellente santé. Elle a deux enfants âgés de 15 à 12 ans, très bien portants. Elle aurait été atteinte, il y a une douzaine d'années, d'un rhumatisme articulaire subaigu.

Le 27 juin, Mme M... était partie de bon matin en chemin de fer pour se rendre dans une petite ville des environs de Nancy, pour aller de là dans un village situé à une dizaine de kilomètres et où elle avait des affaires d'intérêt à régler. Il faisait extrêmement chaud ; Mme M... ne réussit pas dans sa démarche, ce qui la contraria vivement ; de plus, craignant de manquer le train, elle marcha ou plutôt courut pendant un temps fort long. Elle arriva à la gare tout en nage, essoufflée, la figure pourpre. En rentrant à Nancy elle éprouva un violent malaise et se plaignit d'une céphalalgie intense. Frissons répétés et violents pendant la nuit.

28 juin. Le lendemain matin, sensation intense de brûlures dans tout le corps ; la malade se plaint, en outre, d'un gonflement douloureux au niveau des principales articulations et de douleurs atroces dans les membres, surtout dans les cuisses, douleurs réveillées par la moindre pression.

Temp. : matin, 39°,4 ; pouls, 120 ; resp., 30.

Je me crois en présence d'un rhumatisme articulaire aigu ; je prescris à la malade un liniment morphiné et 6 grammes de salicylate de soude.

Temp. : soir, 40° ; pouls, 120.

29 juin. La malade a passé une nuit très agitée. Céphalalgie persistante. Douleurs toujours très vives. Ses mains sont légèrement tuméfiées, très douloureuses.

Soif vive. Inappétence ; nausées. Même traitement.

Matin : temp., 39°,8 ; pouls, 120. — Soir : temp., 40°,1 ; pouls, 120 ; resp., 34.

30 juin. Nuit agitée. Subdelirium.

En examinant attentivement les extrémités on voit que l'épiderme est soulevé et tendu par une éruption boutonneuse, surtout confluente au niveau de la paume des mains et de la plante des pieds ; la malade dit éprouver à ce niveau une sensation de tension et de brûlure intolérable. A la plante du pied

gauche je constate l'existence d'une petite bulle du volume d'un gros pois. Sur le corps, sur la face, il existe des rougeurs boutonneuses ; on dirait le début d'une variole.

L'apparition d'une bulle m'avait immédiatement rappelé le cas de pemphigus aigu que j'avais observé, il y a quatre ans, et je prévins la famille du danger.

Matin : temp., 40°,1 ; pouls, 130 ; resp., 35 ; — soir : temp., 41° ; pouls, 138 ; resp., 40.

Traitement. Lotions phéniquées. Applications de compresses phéniquées sur les membres.

Mixtures contenant 2 grammes d'acide salicylique pour boisson ; 75 centigrammes de sulfate de quinine.

1er juillet. Nuit sans sommeil. On constate à la plante des pieds, à la paume des mains et à la partie antérieure de la jambe gauche des bulles du volume d'un haricot. A côté de ces bulles, et sur les autres parties du corps, l'éruption est caractérisée par des saillies boutonneuses entourées d'une auréole rouge ; il existe, à ce niveau, une légère induration de la peau.

Les bulles sont remplies d'un liquide clair, citrin.

Urine albumineuse.

La malade est très abattue. Subdelirium.

Même traitement. On fait prendre, en outre, à la malade, un grand bain composé d'une décoction de plantes aromatiques et de 100 grammes d'acide borique. Potion au quinquina, champagne. Solution avec un gramme de sulfate de quinine.

Matin : temp., 40°,2 ; pouls, 140 ; resp., 44 ; — soir : temp., 41°,1 ; pouls, 148 ; resp., 48.

2 juillet. La paume des mains et la plante des pieds sont couvertes de bulles ; la peau située entre les bulles présente une teinte d'un rouge foncé. Les doigts sont tuméfiés, énormes.

Urine rare, louche, d'une teinte verdâtre.

Le liquide des bulles, l'urine, sont examinés par mon excellent collègue, le Dr Baraban. Nous inoculons la sérosité purulente d'une bulle à un lapin.

Du sang recueilli à l'aide d'une ventouse scarifiée est également examiné.

La malade est dans un grand état de prostration ; soif vive ; déglutition extrêmement pénible, douloureuse ; météorisme. Respiration pénible. Quelques râles sous-muqueux aux bases. Délire, hallucinations.

Même traitement. On prescrit un nouveau bain antiseptique et une potion avec de la liqueur ammoniacale anisée. Lavement purgatif.

Matin : temp., 40° ; pouls, 140 ; resp., 44 ; — soir : temp., 41° ; pouls, 156 ; resp., 60.

3 juillet. État typhoïde ; adynamie. La malade ne répond plus aux questions qu'on lui adresse. Langue sèche.

Le liquide des bulles est louche ; la peau présente, dans plusieurs points, des suffusions sanguines ; écoulement vaginal sanguin à odeur fétide.

La température s'élève à 41°,5 dans la soirée ; le pouls devient filiforme ; respiration à 60.

Coma. Tremblement et légers mouvements convulsifs dans les membres.

Application de glace sur la tête. La malade succombe le lendemain dans la soirée.

La famille a malheureusement refusé l'autopsie.

Examen histologique du sang, de la sérosité et des urines.

1° Le sang contient dans le sérum des spores arrondies, le plus souvent isolées, parfois réunies deux par deux, mais jamais en plus grand nombre; ces spores, assez difficiles à trouver, car elles sont mobiles, sont en petite quantité et ne mesurent que 7 à 13 dix-millièmes de millimètre de diamètre (0μ,7 à 1μ,3);

2° Dans la sérosité de bulles récentes se voient de nombreuses cellules épidermiques dissociées, des globules rouges du sang et des leucocytes; ceux-ci sont en plus forte proportion dans les bulles anciennes. On y rencontre également quelques granulations graisseuses et des spores analogues à celles du sang, mais elles sont ici plus nombreuses. Rarement isolées, elles se groupent habituellement par deux ou trois, de façon à présenter l'aspect d'un bâtonnet noueux, très court et rectiligne; elles sont sensiblement plus volumineuses que dans le sang; en moyenne elles mesurent 13 dix-millièmes de millimètre (1μ,3);

3° L'urine contient de nombreuses bactéries noueuses, formées de 4 à 10 granulations et une certaine quantité de groupes irréguliers contenant de 20 à 30 spores; il y a aussi des spores isolées. Dans ce liquide, bactéries et sporules sont, d'une façon générale, plus volumineux que dans la sérosité et le sang et atteignent en épaisseur une moyenne de 20 dix-millièmes de millimètre.

On ne trouve nulle part de bactérie qui ne soit pas décomposée en spores. Partout ces éléments sont animés d'un mouvement giratoire pour les spores isolées, onduleux pour les bactéries un peu longues, oscillant pour celles qui ne possèdent que deux ou trois granulations.

Nous avons inoculé au pli de l'aine d'un lapin le liquide retiré d'une bulle. Cette injection n'a produit aucun trouble chez cet animal. Au bout de quatre mois il ne présentait rien d'anormal.

Réflexions. — Cette observation est malheureusement incomplète puisque l'autopsie de la malade nous a été refusée. L'examen des reins nous aurait sans doute permis de constater l'existence d'une néphrite infectieuse.

Nous avons été assez heureux pour constater des spores dans le sang. M. Gibier en avait soupçonné l'existence sans pouvoir les rencontrer. Du reste, la présence de bactéries dans le liquide des bulles et dans l'urine devait évidemment faire admettre qu'il en existait également dans le sang.

Tout, dans l'observation que nous venons de relater, présence de bactéries dans le liquide des bulles fraîches, dans l'urine, dans le sang, marche rapide et terminaison fatale de la maladie, plaide en faveur d'une fièvre infectieuse.

S'agit-il d'un véritable pemphigus, analogue à celui qui a été décrit chez les nouveau-nés, par exemple, où il se produit à l'état épidémique, ou y a-t-il un rapport entre cette fièvre bulleuse et certains pemphigus chroniques? Nous ne le pensons pas.

L'histoire des exanthèmes fébriles infectieux présente encore bien des lacunes, et nous serions tenté de rapprocher les cas décrits jusqu'à ce

jour sous le nom de pemphigus aigu, de fièvre pemphigoïde, de fièvre bulleuse, pour en faire une entité morbide nouvelle que l'on pourrait désigner sous le nom de *fièvre exanthématique bulleuse*.

M. R. DUZÉA

Interne des Hôpitaux de Lyon.

TROUBLES TROPHIQUES CONCOMITANTS A DES ANGIOMES

— *Séance du 11 août 1885* —

M. René Duzéa fait une communication sur certains troubles trophiques d'origine osseuse et concomitants à des angiomes superficiels et étendus des membres inférieurs.

Le premier cas, dont la relation détaillée a été donnée dans la *Gazette des hôpitaux* du 6 août 1885, est relatif à un homme de trente-cinq ans, porteur d'un immense nævus congénital et superficiel de toute la face postérieure des lombes à droite et du membre inférieur correspondant. En outre, on constatait d'autres phénomènes sympathiques dans tout le reste du côté droit, hyperidrose axillaire, dilatation de la pupille droite, développement plus considérable du système pelvien. Mais le fait le plus curieux était un allongement de deux centimètres pour le fémur droit, et de deux centimètres également pour le tibia du même côté. Ce nævus, quoique très étendu, était superficiel; sa coloration disparaissait momentanément à la suite de la moindre pression. Cette première observation avait été recueillie au mois de janvier dernier dans le service de M. Daniel Mollière, chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu de Lyon.

La deuxième observation, recueillie ces derniers temps dans le service de M. le professeur Poncet, est relative à un homme de soixante-cinq ans, porteur d'un nævus superficiel distribué par plaques sur la face interne du genou et les deux tiers antérieurs de la circonférence de la jambe jusqu'au cou-de-pied. Dilatation de la pupille droite. Allongement de deux centimètres pour le fémur droit, de deux centimètres pour le tibia et de trois centimètres pour le péroné.

Il s'agissait encore et surtout, dans ce cas, d'un angiome superficiel sans aucune varice, ni aucune dilatation vasculaire.

Il ne faisait aucune saillie sur la peau et n'occasionnait aucune gêne au

malade, qui ne soupçonnait même pas l'allongement de son membre, corrigé du reste par une légère inclinaison du bassin du côté opposé.

L'attention n'avait pas encore été attirée jusqu'à ce jour sur ces hypertrophies et allongements osseux. On n'avait décrit que ceux consécutifs aux lésions variqueuses et aux anévrismes cirsoïdes proprement dits.

Il semble donc que, dans les deux cas qui font l'objet de cette communication, il y ait une véritable action élective d'hypernutrition et d'hypercirculation du côté d'une partie du système osseux. Jusqu'à présent il est impossible d'expliquer cette exagération circulatoire spécialisée sans que les parties périphériques (muscles, tissu conjonctif, etc.) y prennent la même part.

MM. Rayer, Fergusson, Smith rapportent des observations d'angiomes étendus des membres, mais ils ne disent rien de l'état du squelette correspondant.

Seul Kraüse a signalé un allongement notable d'un membre inférieur porteur d'un nævus étendu, et encore les mensurations portent sur la longueur totale du membre sans détails particuliers sur les dimensions des os sous-jacents.

Enfin, il serait intéressant d'étudier l'état des os du crâne et de la face dans les cas beaucoup plus fréquents d'angiomes de la face et de la tête. Il est permis de présumer que dans ces cas il doit y avoir également des hyperostoses et une asymétrie consécutive de la tête et de la face.

M. NIEPCE

Ancien Médecin-Inspecteur, à Allevard.

DE LA MÉTHODE DES INHALATIONS GAZEUSES INSTITUÉE A ALLEVARD

— Séance du 14 août 1885 —

INHALATION GAZEUSE FROIDE

Pendant les premières années de mon inspectorat, j'avais observé que les malades affectés de bronchites chroniques, de laryngites et de phtisie se rendaient dans les corridors des bains dont l'air était chargé de gaz sulfhydrique. Je fus étonné des résultats qu'ils obtenaient et des modifications rapides dans les symptômes de leurs maladies.

Ce fut alors que je conçus pour la première fois l'idée de la création

d'une salle d'inhalation purement gazeuse. D'ailleurs la composition chimique de l'eau sulfureuse d'Allevard indiquait suffisamment que les gaz qu'elle contient et que toutes les analyses chimiques ont démontré être ainsi composée :

PRODUITS GAZEUX

Gaz acide sulfhydrique libre	24,75	centimètres cubes.
— carbonique libre et combiné	97,00	—
— azote.	41,00	—

recueillis et amenés dans une salle, y formeraient une atmosphère dont la quantité de gaz pourrait être réglée à volonté, et qu'il serait facile de renouveler par une ventilation rapide. Il fallait donc que ces principes gazeux pussent se répandre dans cette salle facilement et en quantité suffisante sans subir d'altération. Toutes ces conditions se trouvaient réunies dans l'eau sulfureuse d'Allevard, qui ne contient ni sulfure de sodium, ni de calcium; mais seulement des gaz tenus en dissolution. Je pensais qu'en amenant directement l'eau de la source, en l'élevant jusqu'à une certaine hauteur et en la faisant tomber sous forme de pluie, les gaz se dégageraient facilement dans l'atmosphère de la salle.

En 1850 on construisit une salle carrée très vaste, entourée de banquettes. Au centre on plaça une grande vasque élevée de $1^{m},50$ audessus du sol, surmontée de plusieurs autres vasques superposées et de plus en plus petites. Du milieu de la plus élevée s'élançait un jet à une hauteur de 50 centimètres, où, rencontrant un chapiteau, l'eau retombait sous forme de pluie de vasque en vasque. Dans ces chutes successives de l'eau sulfureuse les gaz se répandent dans la salle, et l'air en est tellement saturé, qu'une pièce d'argent y noircit en trois à quatre minutes.

Telle fut la première conception du principe de l'inhalation gazeuse, qui, d'une observation empirique, devint une observation clinique tellement importante, que depuis elle devint une méthode hydrologique admise dans la science et adoptée par plusieurs établissements thermaux.

Les brillants et nombreux résultats obtenus par cette médication nouvelle des eaux minérales, attirèrent à Allevard une si grande quantité de malades, atteints d'affections de poitrine, qu'il fallut, trois années après, construire sept nouvelles salles, sous la direction du général Morin, directeur du Conservatoire des arts et métiers.

Les analyses de l'atmosphère de ces salles nous démontrent qu'un individu qui y séjourne pendant une heure, et qui fait passer dans ses poumons 320 litres d'air, quantité moyenne que la respiration fait circuler dans les organes respiratoires pendant ce temps, respire :

Gaz sulfhydrique	52,940	centimètres cubes.
— carbonique	30,288	—
Oxygène	$63^{l},52$	
Azote	240,00	

On vient de voir quelle est la composition de l'air des salles d'inhalation et combien cette connaissance était importante et nécessaire. On comprend quelle est l'importance de rechercher ce que deviennent ces différents principes gazeux, lorsqu'ils ont pénétré dans les voies aériennes, et de là dans l'organisme, si une partie en est rejetée au dehors par l'expiration, si au contraire ils sont absorbés en totalité, et ce qu'ils deviennent une fois qu'ils sont entraînés dans la circulation; si le sang, les sueurs, les urines en éprouvent quelques modifications, et s'ils sont éliminés par les sueurs et les urines.

Le gaz sulfhydrique qui pénètre dans les poumons est entièrement absorbé pendant la première heure; à la fin de cette première heure, si le traitement dure plusieurs jours, l'air expiré en contient des traces plus ou moins grandes, suivant la durée du séjour des malades dans ces salles. Il suffit d'une simple expérience, qui consiste à laver une certaine quantité d'air dans des tubes de Liebig tenant en dissolution un sel d'argent ou de plomb.

En faisant expirer un malade dans un tube laveur contenant une solution d'un sel d'argent ou de plomb, la première heure, pendant les quarante premières minutes le liquide ne se trouble pas; mais pendant les vingt autres minutes il se trouble. Après dix-huit ou vingt-deux jours, qui varient suivant les malades, alors que la peau exhale une assez forte odeur sulfureuse, l'air expiré contient du soufre. C'est l'indice de la saturation sulfureuse et que l'on doit suspendre l'inhalation. Ce degré de saturation varie beaucoup suivant l'âge et le degré de la maladie.

EFFETS PHYSIOLOGIQUES, RESPIRATION, MOUVEMENTS DU CŒUR, HÉMATOSE

Portés directement sur le poumon par l'inhalation, les gaz sulfhydrique et azote déterminent sur ces organes un effet sédatif marqué, lorsque l'inhalation n'est pas trop prolongée. Trousseau avait déjà constaté ce fait. Elle produit également une sédation notable sur les mouvements du cœur. Les accidents hémoptoïques dont avaient été atteints les malades, diminuent rapidement, et si les malades n'y avaient pas été sujets, on peut affirmer que ces accidents ne se manifestent jamais sous l'influence de ce traitement. On comprend facilement le bien qui peut résulter pour les poumons de ce ralentissement de la circulation, et par conséquent de la diminution de l'afflux du sang sur les organes respiratoires.

EFFETS IMMÉDIATS

Le malade qui séjourne dans ces salles pendant un certain nombre de minutes dont la durée est successivement augmentée chaque jour par suite de l'acclimatation dans ce milieu éprouve la sensation d'une douce chaleur dans la poitrine, un sentiment de bien-être particulier, et une dimi-

nution notable de la toux. Si le séjour est prolongé au-delà de vingt-cinq minutes, le malade éprouve de la pesanteur de tête, un resserrement de la gorge, et la respiration s'accélère. S'il prolonge encore la durée de l'inhalation, ces effets physiologiques s'accentuent et il survient du vertige.

En résumant les effets produits par l'inhalation, on arrive à cette conclusion :

1e période . . .	période de sédation.	
2e — . . .	—	de retour.
3e — . . .	—	d'excitation.

Tels sont les phénomènes qu'une expérience de vingt-six années nous a appris.

Il est donc évident que la durée de chaque séance ne devra jamais être prolongée au-delà de vingt-cinq minutes ; mais ce séjour pourra être renouvelé trois ou quatre fois dans la journée en espaçant ces séances. Cette règle est indispensable et de son observation résulte le succès ou l'insuccès.

Suivant M. Durand-Fardel, la pratique de l'inhalation réclame ainsi, à Allevard, deux ordres de considérations : les unes relatives à l'action de l'inhalation sur les organes malades, les autres relatives aux conditions déterminées de ces derniers. Il s'agit là d'une pratique plus délicate peut-être qu'il ne paraît au premier abord ; plus une médication se rapproche d'organes aussi susceptibles que ceux que l'on met en contact avec l'inhalation, plus elle réclame de réserve et d'attention dans son emploi.

DES EFFETS NOCIFS DES INHALATIONS DU GAZ SULFHYDRIQUE SUR LES BACILLES DE LA TUBERCULOSE

Depuis que les observations ont démontré que le bacille était la cause unique de la tuberculose, nous avons recherché, il y a deux ans, si l'inhalation du gaz sulfhydrique pouvait exercer une action sur le bacille et expliquer, par cette action, le bénéfice que nous avons si souvent retiré, pour les phtisiques, de l'usage des salles d'inhalation d'Allevard. Dans ce but, nous avons multiplié nos recherches, que nous avons consignées dans un long mémoire adressé à l'Académie de médecine. (Séance du 29 janvier 1884.)

Ayant reconnu à la suite d'un certain nombre de recherches microscopiques que, chez les tuberculeux soumis à l'usage des salles d'inhalation, à l'action directe des gaz qui composent leur atmosphère, le nombre des microbes contenus dans les crachats diminuait progressivement à mesure de la durée du traitement, je fis les expériences suivantes :

1° J'examinais les crachats aussitôt après avoir été expectorés. Ayant reconnu la présence des bacilles, j'inoculais de suite des parties de ces crachats à des lapins qui, après un mois, étaient tuberculeux.

2° Après avoir laissé séjourner dans la salle les autres parties du cra-

chat précédent, j'inoculais des fragments de ce crachat à des lapins et à des cobayes, et pas un d'eux ne devint tuberculeux. Je multipliais mes expériences et j'obtenais toujours le même résultat négatif.

Que devais-je conclure de ces expériences comparatives et contradictoires? c'ést que l'inhalation du gaz sulfhydrique tuait le microbe. Ces faits me donnaient l'explication des nombreux cas de guérison de phtisie au premier degré, et même au deuxième degré, que j'avais observés à Allevard depuis la création des salles d'inhalation.

Pendant l'année dernière nous avons renouvelé nos expériences et les résultats ont été les mêmes. Depuis lors, soit à Berlin, soit à Vienne, soit à Paris, des études très importantes, des expériences nombreuses ont été faites sur les antiseptiques pouvant détruire le microbe.

A Montpellier, pendant six mois, des recherches ont été faites au laboratoire de la Faculté de médecine sur tous les antiseptiques connus. A la suite de ces expériences, un jeune médecin de cette ville qui avait suivi ces travaux, le Dr Pilatte, fit sa thèse sur ce sujet et déclare dans ses conclusions que, parmi tous les antiseptiques dont l'action a été étudiée, le gaz sulfhydrique est le seul jouissant de la puissance non seulement de détruire le microbe, de s'opposer à toute culture, mais de guérir la tuberculose. Il déclare que ce fut la lecture de mon mémoire qui engagea les professeurs de Montpellier à répéter mes expériences.

Nous croyons utile de citer l'extrait suivant de l'exposé de M. le Dr Bourdon dans son rapport à l'Académie de médecine.

« M. Niepce, dans la seconde partie, tout à fait originale, traite une question très importante de thérapeutique.

» Ayant reconnu, après un grand nombre d'examens microscopiques, que chez les tuberculeux soumis à l'usage des salles d'inhalation d'Allevard les bacilles diminuaient progressivement, disparaissaient même, il inocula à des lapins et à des cobayes des parties de crachats n'ayant pas été exposés à l'action du gaz sulfhydrique et d'autres l'ayant été, il constata que les premiers inoculés devenaient phtisiques, tandis que les seconds restaient indemnes.

» De ces diverses expériences, l'auteur constate que le gaz sulfhydrique des salles d'inhalation détermine la mort des bacilles et possède la propriété de guérir la phtisie.

» Il résulte évidemment que les recherches de M. Niepce, répondant à une des préoccupations les plus importantes du moment, présentent un véritable intérêt. C'est donc une précieuse découverte pour la science. » (Extrait du *Bulletin de l'Académie de médecine*, séance du 29 janvier 1884.)

M. A. PICHENEY

Vétérinaire en premier

et MM. SALONNE et FERRAND

Vétérinaires.

ESSAIS SUR LA GUÉRISON DE LA MORVE PAR LA MÉTHODE DU DOCTEUR LÉVI DE L'UNIVERSITÉ DE PISE. — EXPÉRIENCES NÉGATIVES FAITES A ANGOULÊME

— *Séance du 17 août 1885* —

La curabilité de la morve est d'un haut intérêt scientifique et pratique. C'est une question qui préoccupe à bon droit le monde médical et les vétérinaires en particulier, exposés eux-mêmes journellement à cette terrible affection, dont l'étude s'impose aux recherches expérimentales, les seules qui offrent des chances de certitude et d'avenir depuis la découverte des microbes ou des germes comme agents vivants de la contagion.

Les essais que j'ai tentés sur la guérison de la morve ont porté sur une médication spéciale, le *traitement iodo-ioduré* en injections trachéales, si chaleureusement préconisé par un médecin italien, M. le Dr Lévi. Dans mes tentatives à ce sujet, j'ai cru devoir m'inspirer entièrement des principes émis par le savant professeur dans son récent traité sur les injections trachéales.

J'ai donc suivi scrupuleusement les indications de l'auteur pour la préparation et l'administration par la trachée du mélange iodo-ioduré (iode métallique, 2 grammes ; iodure de potassium, 10 grammes ; eau distillée, 100 grammes), formulé par lui et vanté comme moyen curatif ou spécifique de la morve.

J'ai expérimenté de la sorte sur plusieurs chevaux atteints ou fortement suspects de morve, c'est-à-dire abandonnés ou condamnés à être abattus comme tels. Or, je dois le dire, loin d'avoir obtenu des succès aussi remarquables que ceux rapportés dans l'ouvrage du Dr Lévi (page 177), je n'ai enregistré jusqu'ici que des résultats tout à fait négatifs. Et le mélange iodo-ioduré qui, d'après l'auteur, semblait devoir être le spécifique ou l'agent microbicide spécial de la morve, n'a donné entre mes mains aucune amélioration apparente ou réelle, immédiate ou consécutive dans l'état des malades ou des sujets d'épreuve !...

Le Dr Lévi, en recommandant ce mode de traitement, affirme pourtant avoir de la sorte guéri la morve chronique confirmée par les symptômes

et l'évidence étiologique ; il parle même d'un mieux sensible dès le lendemain et très apparent au troisième jour de la médication, mieux s'accusant par une diminution très appréciable du jetage, des glandes et même des chancres, qui paraissent notablement réduits en diamètre et en profondeur ! *(Sic.)*

Je me garderai d'ajouter le moindre commentaire à cette affirmation, dont je laisse toute la responsabilité à l'auteur ; mais je dirai toutefois que, malgré les premiers insuccès que j'avais obtenus, j'ai cru devoir par la même voie essayer le traitement iodo-ioduré sur un cheval présentant une simple glande ou adénite idiopathique, *id est*, sans autre symptôme concomitant, état morbide dans lequel l'iode est tout naturellement indiqué, comme l'agent modificateur le plus sûr du lymphatisme. Les résultats immédiats et consécutifs ont été cette fois encore à peu près nuls ; mais je m'empresse d'ajouter que je m'étais bien gardé de faire, à l'exemple du médecin italien, une application mercurielle sur la glande en question, qui, par ce fait seul, eût pu diminuer ou disparaître momentanément, accusant ainsi un résultat plus apparent que réel, une amélioration momentanée, par suite trompeuse et dangereuse. En supposant, en effet, que ce traitement *iodo-ioduré*, dont on a dit merveille, réussisse à amender les symptômes de la morve, non pas dès le troisième ou le quatrième jour, comme le dit l'auteur, mais, pour être plus large, au bout de trois ou quatre semaines, cette amélioration, dans laquelle un symptôme ou l'autre, jetage ou glande, diminuerait, offrirait encore plus de dangers que d'avantages. Ce sera l'honneur des vétérinaires militaires français d'avoir toujours soutenu que, dans les grandes agglomérations, il vaut mieux pécher par excès de précaution que par défaut, et sacrifier un innocent plutôt que d'épargner un coupable chez lequel la morve à l'état latent peut évoluer un jour ou l'autre en semant la contagion. Quant à la guérison de la morve, elle est encore à l'état de desideratum, malgré la découverte du microbe spécial à cette espèce morbide faite par M. le D[r] Bouchard, et il en sera ainsi tant qu'on n'aura pas fait la culture et trouvé l'atténuation. La méthode du D[r] Lévi n'a donc pas avancé la question, les essais tentés par moi sont contradictoires et négatifs ; je suis prêt à en donner la preuve non seulement par l'expérimentation, mais encore par une pièce pathologique (la cloison nasale d'un cheval morveux soumis à ce traitement) que je conserve comme pièce à conviction en cas de discussion ultérieure.

M. A. CHAUVEAU

Professeur à la Faculté de Médecine de Lyon.

DE LA PRÉSENCE ÉVENTUELLE DE GERMES DE MICROBES PATHOGÈNES DANS LE SANG DES SUJETS BIEN PORTANTS

— *Séance du 17 août 1885* —

M. Chauveau commence par faire remarquer que c'est là une question importante, au point de vue de la pathologie générale des germes infectieux. Il n'a pas la prétention de la traiter complètement; il se bornera à exposer quelques faits propres à l'éclairer.

Il est généralement admis, depuis les travaux de M. Pasteur sur la génération spontanée, que le sang des sujets bien portants ne contient pas de germes. M. Chauveau rappelle la mémorable expérience par laquelle M. Pasteur prouva que le sang ne se putrifie pas lorsqu'on le puise dans les vaisseaux d'un animal et qu'on l'introduit directement à l'intérieur d'un matras stérilisé, pourvu d'un long col sinueux dont l'ouverture regarde en bas, tandis que la putréfaction ne tarde pas à se développer si l'on casse le col de l'appareil de manière à permettre aux germes de l'air de tomber dans le flacon.

Mais cette expérience de M. Pasteur et les autres faits analogues ne sont probants qu'en ce qui regarde les agents de la putréfaction. Il pourrait exister dans le sang des germes d'autre nature, capables d'échapper aux conditions de développement de l'expérience de M. Pasteur. Il est permis de supposer que les voies naturelles de l'absorption en font pénétrer dans le torrent circulatoire, où ils se détruisent s'ils ne rencontrent pas des conditions favorables à leur développement, mais que des conditions favorables peuvent mettre en évidence.

Certains faits de la pathologie ne peuvent guère s'expliquer que de cette manière.

Depuis longtemps, M. Chauveau cherche à vérifier cette hypothèse par l'intervention de la méthode expérimentale. Il y a appliqué les procédés de son étude *sur la nécrobiose et la gangrène*.

Voici ce qu'il a fait.

Il pratique, sur le mouton, la rupture sous-cutanée du cordon testiculaire. Si on laisse l'organe parfaitement tranquille dans le fond du sac dartoïque, il se greffe immédiatement sur la paroi de ce sac et ne tarde pas à s'atrophier, par l'effet du processus regressif qui l'envahit.

Mais si, au lieu de laisser la greffe s'établir paisiblement, on cherche à l'empêcher de s'effectuer, qu'arrive-t-il? Cette étude, commencée dans le travail *sur la nécrobiose et la gangrène*, y a été laissée bien incomplète. M. Chauveau, en y ajoutant les développements qu'elle réclamait, a justement rencontré la solution de la question qu'il s'était proposé de résoudre.

Ses expériences sont au nombre de sept. Cinq fois, il a pu détruire, matin et soir, les adhérences qui greffaient le testicule mortifié sur la face interne du dartos, et cela pendant quatorze à dix-huit jours sans provoquer la moindre inflammation éliminatrice. Rien n'est plus curieux que de voir la ténacité avec laquelle l'organe complètement isolé, privé de toutes ses connexions vasculaires et nerveuses, se regreffe sur les parois de la poche qui le contient, même quand on l'a fait voyager jusque sous la peau de l'abdomen. Lorsque, de guerre lasse, on l'abandonne à lui-même, il achève son évolution regressive, exactement comme si on l'avait laissé tranquille.

Mais, dans deux autres cas, les choses ne se sont pas passées de la même manière. Les manœuvres faites pour empêcher la greffe du testicule mortifié ont abouti très rapidement à une vive inflammation, à un phlegmon péritesticulaire qui a déterminé la formation d'une abondante collection purulente dans le sac dartoïque. L'autopsie a démontré que le testicule flottait librement, comme un corps étranger, dans le pus de cet abcès intradartoïque.

Dans un des cas, il a été impossible de constater dans le pus l'existence d'aucun microbe pathogène, ce qui ne veut pas dire qu'il n'en existât pas.

Dans l'autre, la présence de coccus nombreux était évidente. Il y avait surtout des chaînettes.

D'où venaient ces *streptococcus?* Evidemment de germes contenus dans le sang. Si l'opération de la mortification sous-cutanée du testicule n'avait pas été faite, ces germes auraient passé inaperçus. L'opération a créé des conditions favorables à leur développement, et ils ont provoqué la formation d'un abcès, en se multipliant.

Donc, éventuellement, le sang des sujets bien portants peut renfermer des germes d'agents pathogènes. C'est ce qui était à démontrer.

M. AZAM.

Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

LE CARACTÈRE DANS LES MALADIES (RÉSUMÉ) (1)

— *Séance du 17 août 1885* —

Le mot *caractère* est ici pris dans le sens le plus vulgaire ; tout le monde, en effet, se comprend quand on dit de quelqu'un : il a bon ou mauvais caractère. De plus, tout médecin se préoccupe à juste titre des changements de caractère de ses malades et peut tirer de ces changements des indications ou des pronostics importants.

Dans la revue que je vais passer des divers états qui provoquent les modifications dont je m'occupe, je donnerai la première place à certains états physiologiques qui, sans être des maladies, sont en dehors ou à côté de la vie ordinaire; ainsi les périodes menstruelles, la grossesse, l'exercice des fonctions de reproduction, et la digestion même normale.

Dès la première apparition des règles, au moment où la fille est nubile, elle devient plus irritable, et plus tard, quand la fonction sera parfaitement établie, même dans la plus parfaite santé, son caractère se modifie sensiblement pendant l'époque, un peu avant et un peu après ; susceptible et violente, elle se laisse plus facilement entraîner par une impulsion quelconque, surtout dans le sens de la tristesse. Enceinte ou mère, son caractère change aussi, elle devient triste et sérieuse, il semble que cette fonction, la principale que la femme ait à remplir, lui inspire, sans qu'elle en ait conscience, une forme de caractère en rapport avec la grandeur de ses devoirs ; mère, la femme la plus faible, la plus timide, voit surgir en elle une force étrange de caractère pour la protection ou la défense de ses enfants.

L'état physiologique qu'on peut nommer le *rut humain*, par analogie avec le rut des animaux, modifie aussi le caractère. Les annales des cours d'assises ne sont-elles pas remplies des drames de l'amour et de la jalousie? Les malheureux qui, dans un moment d'égarement, ont commis des crimes étaient peut-être, à l'état ordinaire, les plus doux et les plus paisibles des hommes.

Je ne dirai qu'un mot de la digestion. Tout le monde ne sait-il pas que l'homme qui a bien dîné voit autrement les choses que celui qui a faim?

(1) Ce mémoire a été publié *in extenso* dans les *Annales médico-psychologiques* de Paris, n° du 15 novembre 1885.

Mais je n'insiste pas, j'ai hâte d'arriver à l'étude des variations du caractère dans les maladies proprement dites.

Tout d'abord, une remarque : un caractère égal est inconciliable avec toute préoccupation constante ; or toute maladie chronique amène des soucis permanents.

Il en est de même des états pathologiques qui condamnent les malades au repos, tels que les fractures des membres inférieurs. Je dois à l'obligeance de M. le Dr Descourtis plusieurs observations de fractures de cuisse et de jambe qui le démontrent surabondamment.

On peut remarquer le caractère sombre des cancéreux, la tristesse des phthisiques et leur irritabilité ; je ne parle ici que de ceux qui souffrent ; car les affections chroniques non douloureuses laissent à ceux qui en sont atteints leur insouciance ou leur gaieté ; ainsi du diabète et de l'albuminurie.

Il est logique de rapprocher des maladies chroniques les infirmités : les boiteux, les bossus, les sourds et la plupart des aveugles sont tristes ou méchants ; tout le monde connaît le mauvais caractère des sourds-muets.

Les traumatismes cérébraux agissent sur le caractère ; à ce sujet, je renverrai le lecteur aux observations que j'ai publiées il y a quatre ans dans mon travail sur les troubles intellectuels provoqués par les traumatismes du cerveau ; je ferai seulement remarquer que ces troubles du caractère ne sont que transitoires.

Il est de toute évidence que chez les aliénés le caractère se modifie comme les autres fonctions intellectuelles. Aussi ne ferai-je que quelques remarques, qui sont dues, pour la plupart, à un aliéniste sagace, M. le Dr Desmaisons. L'aliéné peut très bien suivre un raisonnement ; réussir à déjouer par la ruse la surveillance de ceux qui l'entourent ; et l'on voit chez lui des emportements excessifs, l'oubli de tous les devoirs, des débauches crapuleuses et une singulière facilité à se laisser duper ; enfin, fait curieux, cet observateur a remarqué que chez les aliénés dont les accès de folie sont éloignés par une certaine période de temps, l'on voit toujours le caractère s'améliorer après les accès.

Chez les futurs paralysés généraux, les perversions du caractère ont une importance tout à fait considérable : souvent deux à trois ans avant l'apparition des idées de grandeur ou de l'embarras de la langue, les victimes de la paralysie générale deviennent irascibles. ils sont méchants, soupçonneux, le sentiment de l'honneur disparaît chez eux, ils volent au jeu, ont des goûts crapuleux. En un mot, leurs parents, c'est leur mot, ne les reconnaissent plus.

Ici, le trouble du caractère a une telle importance, que le médecin peut presque à coup sûr informer la famille du malheur qui la menace et la

mettre en garde contre les terribles éventualités d'une maladie qui ne pardonne pas.

Si l'expression: caractère fantasque, n'existait pas, il faudrait l'inventer pour désigner le caractère des hystériques. Rien de plus variable, de plus changeant que les femmes qui sont atteintes de cette névrose, leur bizarrerie n'a pas de limites et le désir d'attirer l'attention domine tous leurs actes; les inventions les plus romanesques sont un jeu pour elles. Elles ignorent les actes dictés par la froide raison, et telle femme nerveuse qui s'empressera d'aller voir guillotiner sera sublime de dévouement pour soigner un blessé.

Il en est ainsi des femmes qui, sans être hystériques confirmées, sont ce qu'on nomme très nerveuses, et à plus forte raison des hystériques à convulsions et à sommeil. On en sait quelque chose dans le service de M. Charcot.

Les malades que j'ai pu observer qui présentent le phénomène de double conscience ou de dédoublement de la personnalité présentent un changement de caractère très singulier. Chez Felida X., par exemple, autant à l'état normal ou dans la condition première elle est triste, réservée, morose, presque farouche, autant dans la condition seconde elle est gaie, frivole, avenante et rieuse. Il m'est arrivé souvent de reconnaître la condition dans laquelle elle se trouve rien qu'à la façon dont elle m'accueillait à mon arrivée.

Chez les épileptiques, le caractère est particulièrement triste, souvent sombre. On dirait que ces infortunés qui sont sujets à des emportements épouvantables ont la conscience du danger qu'ils font courir à ceux qui les entourent.

Il en est de même chez les névralgiques, sujets à des douleurs intolérables qui surviennent à l'improviste. Ils sont toujours dans l'attente de leurs souffrances et la tristesse est la conséquence de cette anxiété.

Il est une catégorie d'individus qui ne sont pas fous, mais vivent sur ce terrain intermédiaire entre la raison et la folie qui préoccupe si fort la médecine légale: ce sont des névropathes.

Toujours préoccupés d'eux-mêmes, s'imaginant être victimes de je ne sais quelles maladies, ils sont tristes ou violents et toujours insupportables à leur entourage; leur intelligence est entière. Ils gèrent très bien leurs affaires, mais dans la vie privée ils font le désespoir de leurs familles par leur caractère.

Il est des éléments virulents ou toxiques qui ont sur le caractère une action particulière.

Je ne ferai que les énumérer: le virus de la rage, l'alcool et ses dérivés, tels que le vin, la bière, toutes les boissons fermentées, l'opium, le haschisch et la belladone.

Certaines maladies du cœur, entre autres l'angine de poitrine, provoquent des idées tristes. Il en est de même des gens qui digèrent mal, qu'ils soient dyspeptiques ou constipés; de ceux qui urinent mal : comment leur caractère ne souffrirait-il pas de l'anxiété constante dans laquelle ils sont? Pourront-ils vider leur vessie?...

Est-il possible de localiser le caractère? En d'autres termes, une région quelconque du cerveau paraît-elle être le lieu d'origine de ce phénomène intellectuel ?

M. Luys, dont on sait les beaux travaux et la grande autorité, le croit. Dans une lettre qu'il a bien voulu m'écrire à ce sujet, il émet des considérations importantes sur la question et cite le fait d'un ancien invalide qui, mort à quatre-vingt-deux ans, avait subi trente ans auparavant l'amputation de la cuisse gauche. Dans les dernières années de sa vie son caractère, autrefois doux, était devenu violent et insupportable; or, à l'autopsie, M. Luys trouva des lésions atrophiques diffuses dans le corps strié du côté opposé au membre amputé. Pour mon éminent collègue, il s'était fait en ces points un travail regressif par suite de l'amputation, et il voit dans les parties du cerveau qui reçoivent les irradiations du cervelet le lieu où on pourrait localiser le caractère.

Ce fait n'est pas isolé dans la science, on en pourrait citer au moins deux autres.

CONCLUSIONS

I

Le caractère varie non seulement dans un grand nombre de maladies, mais encore dans certains états physiologiques.

II

Ces états sont surtout les périodes menstruelles, la grossesse, la maternité, le rut humain et la digestion.

III

Les états morbides dans lesquels le caractère varie particulièrement sont : les maladies chroniques, les fractures, le cancer, la phthisie et les infirmités.

IV

On observe aussi des perversions du caractère dans tous les troubles de l'esprit, avant, pendant et après les accès.

En général, le caractère s'améliore après les accès.

V

Les variations du caractère sont un prodrome constant et certain de la paralysie générale des aliénés.

VI

On les observe aussi dans l'hystérie, la double conscience chez les névralgiques et chez les névropathes.

VII

Ils accompagnent le plus souvent la rage, l'ivresse alcoolique et diverses intoxications, l'angine de poitrine, les troubles de la digestion et les maladies des voies urinaires.

VIII

Le caractère peut être localisé dans les régions de la base du cerveau qui reçoivent les irradiations du cervelet.

M. Edmond CHAUMIER

Au Grand-Pressigny (Indre-et-Loire).

NOUVELLES ÉTUDES SUR LA NATURE ÉPIDÉMIQUE DE LA PNEUMONIE FRANCHE ET SON TRAITEMENT PAR LE FROID

— *Séance du 17 août 1885* —

Je veux donner aujourd'hui le résultat des observations que j'ai faites sur la pneumonie depuis le Congrès de Blois, et montrer encore une fois que les faits viennent corroborer mes assertions de l'an passé.

Mes malades, au nombre de 52, se répartissent en une épidémie principale — 41 malades — commençant le 6 mars et se terminant le 12 juin, et en 11 cas épars, mais non isolés, qui se sont montrés dans l'ordre suivant : D'abord, le 12 et le 17 août 1884, j'observe 2 cas ; — le 24 octobre et le 9 novembre, 2 cas ; — le 24 et le 25 novembre, 3 cas ; — le 20 et le 23 janvier 1885, 2 cas ; — enfin, le 2 et le 7 juillet, 2 cas.

J'ai déjà dit qu'il fallait des circonstances particulières pour le développement des germes et que, suivant que ces circonstances étaient plus ou moins propices, la graine, si je puis m'exprimer ainsi, levait plus ou moins bien. Ce que j'ai observé cette année tend à le prouver. C'est ainsi que dans l'espace de 3 mois je vois 41 pneumonies, et 11 seulement dans le reste de l'année, venant par 2 ou par 3.

On peut, à ce propos, établir en principe que, *lorsqu'on rencontre une*

pneumonie, presque toujours, sinon toujours, on en verra une autre dans les jours suivants.

La conservation des germes dans les habitations me paraît très évidente : l'année dernière, j'ai parlé de la maison Chauvreau, dans laquelle se succèdent les pneumonies : une en 1880 ; une en 1881 ; une en 1883 ; cette année, dans la même maison, dans la même chambre, j'ai observé une nouvelle pneumonie.

J'avais également parlé de M. P..., qui avait eu une pneumomie en même temps que sa femme ; cette année, nouvelle pneumonie.

Voici d'autres faits :

Le 12 août 1884, G..., à Etableau, a une pneumonie ; son frère en avait eu une le 9 mai.

6 mars 1885, A..., à la Celle, a une pneumonie ; en a eu déjà une l'an dernier.

11 mai 1885. — V..., à Pressigny, a une pneumonie : le 22 mai sa sœur en a une également.

22 avril 1885. — C..., à la Galerie, a une pneumonie ; son enfant en a une le 10 juin.

Je citerai enfin une observation remarquable à plusieurs titres et qu'on peut mettre à l'avoir de la contagion.

Le samedi 30 mai 1885, je suis appelé auprès d'une fille, domestique à Paulmy, malade depuis le lundi. Elle présente tous les symptômes de la pneumonie, douleur, fièvre, crachats, souffle, râles.

Les deux enfants de la maison sont malades depuis une dizaine de jours ; la fille depuis le mercredi, le garçon depuis le vendredi. Ils sont restés un jour au lit ; depuis on les a laissés sortir ; ils mangeaient très peu, toussaient. Ces jours derniers, depuis mercredi, ils sont retournés à l'école le soir. Le matin ils restaient au lit. Tous les soirs, en rentrant, le garçon paraissait avoir de la fièvre et tremblait. Ils toussent encore beaucoup ; peau froide ; langue propre ; ont mieux mangé aujourd'hui.

L'auscultation révèle des symptômes de pneumonie, symptômes qui disparaissent les jours suivants.

Voici donc deux pneumonies qui ont failli passer inaperçues, parce que les symptômes qui effrayent d'ordinaire les parents (fièvre, dyspnée, douleur), étaient peu marqués. Les cas de ce genre ne sont pas rares, et il existe des formes frustes de pneumonie comme il existe des formes frustes de scarlatine et de fièvre typhoïde.

J'ai observé cette année une quinzaine de cas de pneumonie — dont je compte publier les observations — cas qui étaient si peu accentués, qu'il fallait la plus grande attention pour découvrir la maladie.

J'en ai vu un certain nombre d'autres qui étaient peut-être des pneumonies, mais qu'il était, pour moi, absolument impossible de déterminer.

Ces pneumonies atténuées, qui peuvent passer inaperçues, qu'il faut chercher pour ainsi dire, relient les uns aux autres les cas d'une série, cas qui pourraient paraître isolés ; et très certainement un grand nombre doivent échapper au médecin, qui n'est souvent appelé que lorsqu'on voit des symptômes graves.

Cette année, comme les deux précédentes, la maladie a sévi plus particulièrement sur les enfants. Ainsi, sur 52 malades, il y a eu :

6 vieillards, 12 adultes, 34 enfants.

Sur ces 52 pneumonies, il n'y a eu qu'un cas de mort : une femme indigente, âgée de 72 ans.

Parmi mes malades, 20 ont été traités par le froid ; 12 ont eu des affusions froides, la plupart toutes les 2 ou 3 heures ; 6 ont pris des bains 3 ou 4 fois par jour ; 2 ont eu 3 bains par jour et entre les bains des affusions froides toutes les 2 heures. Tous ont guéri.

Je ne puis que maintenir mes conclusions de l'an dernier relativement à l'amélioration produite par le froid, et comme preuve je ne citerai que l'observation suivante :

Le 26 mai, l'enfant V..., âgée de 6 ans, a : P. 128. — R. 52. — T. R. 40°,7.

On lui donne un bain à 27°, elle reste dans l'eau 10 minutes. Rentrée dans son lit elle a : P. 100, au lieu de 128. — R. 38, au lieu de 52. — T. R. 38°,7, au lieu de 40°,7.

Après chaque bain, le délire cesse pendant 2 ou 3 heures ; elle prend mieux la nourriture et n'a pas soif.

Si maintenant je réunis mes 20 malades traités par le froid aux 15 de l'an dernier, cela me fait un total de 35 ; total suffisant pour proclamer l'innocuité de la méthode et son utilité.

M. FAUVELLE

A Paris.

CONTRIBUTION A L'ÉTIOLOGIE DE LA PELLAGRE

— Séance du 17 août 1885 —

De 1848 à 1863, étant médecin du Dépôt de mendicité de Montreuil-sous-Laon, j'ai recueilli 97 observations de pellagre sur des reclus des départements de l'Aisne, des Ardennes, de l'Aube, de la Marne, de Seine-et-Marne

et de la Somme, 17 femmes et 80 hommes ayant exercé les professions les plus diverses ; j'ai pratiqué 15 autopsies. Près de la moitié des malades ont été présentés à la Clinique de Reims, en 1860, 61 et 62, alors que M. le professeur H. Landouzy faisait au *zéisme* une guerre acharnée et, je puis le dire, victorieuse. On en retrouvera la trace dans les publications de l'éminent clinicien et dans les journaux de médecine du temps (*Gazette des hôpitaux* et *Union médicale*). Jusqu'en 1878, époque à laquelle je quittai Laon, j'ai continué à voir des pellagreux, plus ou moins suivant les années. En 1873, pendant deux mois que je passai dans les Landes, j'ai pu constater que la pellagre des mangeurs de *méture*, cette *polenta* de la Gascogne, était en tout semblable à celle de la région citée plus haut. A Montreuil, le maïs altéré ne pouvait être regardé comme cause de la maladie, pas plus que la *rouille de blé*, car les neuf dixièmes de mes malades n'avaient jamais mangé que du pain de boulanger, comme du reste tous les paysans du nord de la France, qui depuis près de cinquante ans ont renoncé à fabriquer leur pain eux-mêmes.

Pour observer la pellagre, il faut la chercher ; sans cela l'érythème solaire des parties découvertes échappe le plus souvent. On croit alors avoir affaire à des altérations des centres nerveux, ou à une entérite chronique, suivant la prédominance des symptômes. Cette remarque ne saurait être trop répétée, si l'on veut que la notion de cette affection se vulgarise, et cette note ne produirait-elle que ce résultat, je m'en estimerais fort heureux.

(L'auteur expose ensuite combien étaient incertaines les idées des médecins sur la nature de la pellagre à l'époque où il l'observait. Aujourd'hui que le parasitisme a bouleversé l'ancienne pathogénie, il y a intérêt, suivant lui, à reprendre l'étude de la maladie à ce point de vue.)

Sauf de rares exceptions, on peut dire qu'une fois introduite dans un organisme, la pellagre s'y développe plus ou moins vite, mais finit toujours par le détruire. Cherchons quel est le centre d'où elle exerce ses ravages et son œuvre de destruction. Ce ne peut être la peau puisque les accidents que celle-ci présente ne doivent être regardés que comme un traumatisme solaire, qui peut ne s'être jamais manifesté, alors que l'organisme est déjà profondément atteint, et dont il est toujours possible de se garder. On peut en dire autant du tube digestif, car souvent la diarrhée n'apparaît que tardivement et ne laisse aucune trace sérieuse ; cependant, dans ce cas, on trouve des lésions graves sur plusieurs points de l'axe cérébro-spinal. On pourrait avec plus de vraisemblance placer la cause spécifique de la maladie qui nous occupe dans les centres nerveux, qui, profondément modifiés, exerceraient au loin des désordres trophiques ; en effet, presque tous les pellagreux font remonter le début de leur maladie à l'apparition des troubles de l'innervation qui les forcent à renoncer à leurs occupations habi-

tuelles. Mais cette hypothèse ne se soutient pas plus que les précédentes. D'abord, en interrogeant avec soin les commémoratifs, on est bien vite convaincu que depuis longtemps les premiers symptômes s'étaient manifestés. Ensuite, dans certains cas, et ce sont ceux qui présentent le plus d'acuité, les malades succombent avec un érythème des plus intenses et des lésions profondes du tube digestif, qui ont produit une diarrhée colliquative mortelle. Dans ces cas, du reste assez rares, c'est à peine si l'on remarque un peu de mollesse générale de l'encéphale et de la moelle épinière.

J'arrive donc par exclusion à placer la cause de la pellagre dans le liquide sanguin, comme s'il s'agissait de la fièvre typhoïde. En effet, dans les deux maladies, le début est souvent obscur ; puis surviennent des troubles des fonctions digestives, le plus souvent avec diarrhée, et, du côté des centres nerveux, une dépression considérable des forces, de la torpeur intellectuelle, des étourdissements, de l'incertitude dans les mouvements, etc. Sans parler des altérations du foie encore mal définies, il n'est pas jusqu'aux lésions intestinales qui ne présentent parfois une certaine ressemblance. Dans l'observation I[re] de M. Landouzy, je lis : « Développement des follicules isolés du jéjunum ; follicules confluents dans l'iléon ; plaques gaufrées au-dessus du cæcum. » Et dans l'observation II : « Vive injection depuis le pylore jusqu'à la fin du jéjunum ; nombreuses plaques gaufrées ; éruption confluente dans l'iléon. » (*De la Pellagre sporadique*, p. 17 et 19. J.-B. Baillière, 1860.) Je ne voudrais pas pousser trop loin la comparaison, et loin de moi la pensée de regarder la pellagre comme une fièvre typhoïde chronique ; mais je dois ajouter que M. Devergie (Clinique de l'hôpital Saint-Louis, *Gazette des hôpitaux*, juin 1848) fait remarquer que son malade, entré le 28 mai 1848 avec une pellagre bien caractérisée, avait été traité du 8 au 19 du même mois, à l'Hôtel-Dieu, par M. Husson, comme atteint de fièvre typhoïde. M. Landouzy (loc. cit., obs. XII) a vu, à Blanzy (Aisne), une fièvre typhoïde ataxo-adynamique avec un beau type d'érythème pellagreux, et le médecin traitant prétendait avoir rencontré plusieurs fois le même phénomène. De plus, je lis dans le *Traité de la pellagre* de M. Th. Roussel (1[re] édition, p. 101) : « Le D[r] Rizzi a signalé en 1841 et 1843, chez plusieurs pellagreuses en état de démence incurable, un état typhoïde, caractérisé par la prostration, le décubitus dorsal, l'obtusion des sens, les soubresauts de tendons, la langue noire et desséchée, des taches livides et des eschares. » Enfin, je suis persuadé que si les grands cliniciens qui parurent de 1825 à 1850 avaient pu étudier la pellagre d'une manière suivie, ils n'auraient pas manqué de créer pour elle, comme pour la fièvre typhoïde, la forme intestinale et la forme cérébrale. Quoi qu'il en soit de l'analogie de ces deux maladies, c'est dans le sang qu'il faut en chercher la cause. Malheureusement les recherches à son

sujet ont été très limitées ; je ne puis citer qu'une analyse de M. Roussilhe, chirurgien de Castelnaudary, qui l'a trouvé pauvre en globules.

Voyons maintenant quelle peut être la nature de la substance pathogène qui produit la pellagre. Pour traiter cette question, j'ai besoin de faire appel aux notions d'histoire naturelle de mes auditeurs.

(Suit une description des maladies produites sur diverses plantes, pendant la période estivale, par des parasites animaux et végétaux : le *Puceron* du rosier, le *Phylloxera* de la vigne, le *Melampsora* du saule et le *Choleosporum* du pin ; ces deux derniers, espèces de champignons de la famille des *Urédinées* ; maladies qui reparaissent au printemps suivant.)

Maintenant je suppose qu'un entomologiste et un botaniste entendent l'un de nous décrire une maladie dont la nature lui échappe, à peu près en ces termes : Les malades, ordinairement sujets faibles et mal nourris, sont pris au mois de mars d'un malaise général, caractérisé par de la torpeur intellectuelle avec ou sans tristesse, de l'incertitude dans les mouvements, des étourdissements et de la faiblesse des membres inférieurs ; la peau devient très sensible aux rayons solaires, qui la dessèchent et la brûlent sur toutes les parties découvertes ; l'appétit se perd, de la diarrhée survient. Tous ces accidents persistent jusque vers le mois de septembre, époque à laquelle tout rentre à peu près dans l'ordre. Mais au printemps suivant les mêmes phénomènes se représentent plus prononcés, pour disparaître encore à l'automne. Cette fois la santé ne se rétablit pas complètement ; le tube digestif reste très impressionnable ; les symptômes du côté des centres nerveux persistent, du moins en partie. Au renouveau, nouvelle rechute plus grave encore, et souvent le malade succombe durant ce nouvel accès, ou bien l'hiver suivant, soit par suite d'une entérite chronique, soit sous l'influence d'une désorganisation plus ou moins profonde des tissus de l'axe cérébro-spinal.

D'après ce tableau, j'ai l'intime conviction que nos naturalistes n'hésiteront pas à émettre l'opinion que les malades en question sont les victimes d'un parasite animal ou végétal qui se développe au printemps, exerce ses ravages durant l'été et meurt à l'automne, laissant, outre les altérations de l'organisme atteint, des spores ou des œufs. Ceux-ci, au printemps suivant, donnent naissance à de nouveaux individus qui continuent les ravages commencés par leurs auteurs et terminent l'œuvre de destruction soit par eux-mêmes soit par leurs descendants.

Il y a vingt-cinq ans, si j'avais émis une pareille théorie on m'aurait ri au nez ; mais aujourd'hui sa vraisemblance ne peut être niée par personne. En effet, nombre des maladies de toute la substance qu'on attribuait volontiers autrefois à une altération du fameux principe vital, sont reconnues maintenant comme étant de nature parasitaire. On pourra m'objecter que généralement dans les maladies de ce genre, si l'organisme ne succombe

pas à une première atteinte, il est dépouillé pour un temps des conditions qui permettent le développement du parasite et que cette préservation dure toujours au moins un an. A cela je répondrai que nos connaissances à ce sujet sont encore trop bornées pour permettre de formuler des règles générales. Il se peut que l'immunité ne dure que six mois ; quelquefois même elle serait de quelques heures seulement, si j'en crois un savant allemand qui a décrit le parasite producteur de la fièvre intermittente pernicieuse. C'est une *Bactéridie* du genre des *Spiralées*, appelée, du nom de l'auteur, *Spirochete Obermeyeri*. Elle se développe avec une rapidité extrême en masses considérables dans les artères du malade et épuise très rapidement le milieu des principes nécessaires à sa végétation. Durant l'apyrexie on n'en trouve plus trace ; mais bientôt ces conditions favorables se reproduisent, un nouvel accès survient, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le malade succombe ; ce qui arrive bientôt, si le sulfate de quinine, ce parasiticide par excellence, n'est pas intervenu à temps.

Ces données sur la cause de la pellagre, bien qu'hypothétiques dans une certaine mesure, me paraissent dignes d'attirer l'attention des chercheurs, et mon but serait atteint si elles pouvaient être le point de départ de travaux qui nous fixent enfin sur la nature de cette maladie, et par conséquent sur son traitement rationnel. Aujourd'hui il faut, en effet, retourner le vieil adage, formulé par je ne sais quel empirique, et dire : *Natura morborum curationes ostendit.*

M. Henri HENROT

Professeur à l'École de Médecine de Reims.

DU TRAITEMENT DES KYSTES HYDATIQUES DU FOIE PAR L'ÉLECTROLYSE CAPILLAIRE

— *Séance du 17 août 1885* —

En 1880, j'ai communiqué au Congrès d'Alger une observation de goître vasculo-kystique guéri par l'électrolyse capillaire; ce fait mérite d'être brièvement rappelé, car depuis cinq années la guérison que l'on pouvait croire passagère lors de ma communication, est devenue définitive.

Il s'agissait d'une jeune fille de vingt ans, portant une vaste tumeur kystique s'étendant du maxillaire inférieur au-dessous du sternum, où

elle s'engageait assez profondément pour comprimer la trachée et les filets du grand sympathique du côté gauche ; un traitement général bien approprié, des injections interstitielles de teinture d'iode pure n'avaient amené aucune amélioration ; la maladie prenait bientôt un caractère plus redoutable, les accès de suffocation devenaient assez intenses et assez souvent renouvelés pour rendre la trachéotomie imminente.

Dans ces conditions difficiles la thyroïdectomie semblait seule s'imposer comme opération curative; toutefois le prolongement de la tumeur en arrière du sternum rendait cette opération beaucoup plus compliquée et beaucoup plus dangereuse; c'est alors que nous fîmes trois ponctions capillaires électrolytiques. Le succès fut complet, la tumeur fut bientôt réduite à un noyau dur ne produisant plus ni douleur ni gêne fonctionnelle; en quelques semaines la malade regagnait comme poids les 35 livres qu'elle avait perdues.

Depuis lors elle s'est mariée, son état de santé est excellent.

Depuis cette époque, j'ai employé plusieurs fois ce procédé particulier d'électrolyse, qui consiste à remplacer les aiguilles pleines par des canules capillaires que l'on a soin de laisser perméables pour permettre la sortie: 1° d'une certaine quantité de liquide avant que l'on ait établi le courant; 2° des gaz résultant de la décomposition de l'eau lorsque la machine Gaiffe est en action.

Je ne vous entretiendrai aujourd'hui de l'emploi de cette méthode que dans le traitement des kystes hydatiques du foie.

Le traitement de ces tumeurs a subi dans ces dernières années de profondes modifications ; au lieu de la méthode lente qui consistait à n'ouvrir la poche kystique qu'après avoir fait plusieurs applications de caustiques, on a imaginé des méthodes plus rapides : les uns pénètrent directement en une fois dans la poche avec le thermo-cautère; M. Verneuil ponctionne le kyste avec un gros trocart à ovariotomie et laisse un drain; tout dernièrement enfin des chirurgiens, plus audacieux, ont pratiqué l'ablation totale de ce genre de tumeurs. Dans tous ces cas on expose le malade ou aux dangers d'une opération de la plus haute gravité, ou à la suppuration toujours redoutable d'un vaste cloaque ne communiquant avec l'extérieur que par un orifice étroit. Il y a quelques années des médecins anglais ont proposé le traitement de ces kystes par l'électrolyse, une thèse de la faculté de Paris relate et commente ces faits intéressants. Nous savons que dans quelques cas exceptionnels une simple ponction a suffi pour tuer l'hydatide et amener le retrait de la poche; mais ces faits sont rares, et le plus souvent, quand les malades sont suivis assez longtemps, on peut constater qu'ils n'ont pas toujours été mis à l'abri des récidives. Dans le fait que nous avons l'honneur de vous signaler, une seule ponction capillaire aspiratrice suivie d'une

électrolyse énergique a suffi pour amener une guérison que nous croyons définitive.

Voici, du reste, un résumé de l'observation.

Obs. — M. H***, soixante ans, employé, a toujours eu une vie régulière et n'a jamais eu d'indisposition sérieuse, mais il a éprouvé de grandes peines, il a perdu des enfants, sa femme a été longtemps souffrante; sa besogne de bureau, où il passe des écritures sur un grand livre, le force à appuyer l'estomac sur le pupitre; il prend peu d'exercice, il n'a pas eu la syphilis.

Au commencement de l'année 1883, M. H*** éprouve une gêne marquée dans l'abdomen, le ventre grossit, les digestions deviennent difficiles; bientôt, cet état persistant, il maigrit, perd ses forces, et, à son grand regret, est obligé de cesser ses occupations; les toniques, les reconstituants, l'iodure de potassium n'amènent aucune amélioration, le malade se décourage.

Dans le courant du mois d'octobre, la fièvre, et surtout l'impossibilité de prendre aucun aliment, amènent un anéantissement complet des forces, le malade ne peut plus se lever, il a du mal à digérer quelques cuillerées de lait, les douleurs deviennent plus vives, elles sont accompagnées d'une sorte d'angoisse avec gêne de la respiration.

Comme signes physiques, on constate dans l'abdomen une vaste tumeur fluctuante, ovoïde à grand axe transversal, et s'étendant de l'appendice xiphoïde à l'ombilic et d'un hypocondre à l'autre; celle-ci forme une véritable saillie un peu à droite de la ligne médiane — on ne perçoit pas de frémissement.

Le diagnostic, dans ce cas, était facile à établir : il s'agissait bien manifestement d'un kyste hydatique de la face inférieure du foie; avant d'ouvrir largement la poche, et d'exposer ainsi mon malade, très cachectique, à toutes les mauvaises chances d'une suppuration prolongée, je songeai, sans y avoir grande confiance, à employer l'électrolyse capillaire. Le 24 octobre 1883, je fis dans la région épigastrique, au point le plus fluctuant, un peu à droite de la ligne médiane et à égale distance de l'ombilic et de l'appendice xiphoïde, une ponction avec un trocart d'un millimètre et demi de diamètre. Je maintins la canule en place; le liquide sortant difficilement, je fis l'aspiration avec l'appareil Potain; j'obtins une centaine de grammes d'un liquide blanc-jaunâtre avec des fragments de membrane hydatique. Je fis communiquer le pôle positif avec la canule restée perméable; j'appliquai le pôle négatif, à l'aide d'un réophore en charbon, sur la face externe de la cuisse gauche; je fis passer pendant deux minutes un courant de 30 éléments de la machine Gaiffe. Le malade ressentit une douleur très vive, et nous empêcha de prolonger un peu plus, comme nous l'aurions désiré, le passage du courant.

Comme phénomènes immédiats, nous pûmes constater un peu de mousse blanchâtre à l'extrémité de la canule, de la rougeur de la peau autour de la canule, et enfin sur la cuisse une quinzaine de petites eschares noirâtres, sèches, de la grosseur d'une tête d'épingle; pour tout pansement j'appliquai une couche de collodion sur l'abdomen.

Le lendemain le pouls, qui marquait 85 pulsations les jours qui avaient précédé l'opération, n'en avait plus que 78 et même 70.

Un phénomène tout à fait remarquable, et que nous avions déjà constaté lorsque nous employâmes l'électrolyse dans un anévrisme de la crosse de l'aorte, c'est la cessation, pour ainsi dire instantanée, des douleurs; dès le

lendemain de l'opération, M. H*** n'éprouvait plus aucune espèce de douleur dans l'abdomen, il commençait à manger; deux ou trois jours après, il voulait retourner à son bureau.

Le lendemain de l'opération, il fut facile de délimiter la tumeur, qui s'était notablement durcie.

Un mois après, la situation est excellente : M. H*** mange et digère bien, et peut faire plus de deux lieues à pied.

En janvier 1884, la tumeur devient de plus en plus dure, elle a en même temps considérablement diminué de volume.

Un an après l'opération, en octobre 1884, M. H*** a repris son embonpoint; il ne ressent plus aucune douleur, ni dans les reins, ni dans l'abdomen, toutes les fonctions se font d'une façon normale, la tumeur a encore énormément diminué, on ne perçoit plus de fluctuation.

Au commencement de juillet 1885, M. H*** va très bien; la tumeur a presque complètement disparu, la guérison nous paraît définitive.

Nous ne voulons qu'indiquer à la hâte comment agit ce mode de traitement.

La ponction seule, en enlevant une certaine quantité du liquide, exerce une action manifeste sur la vitalité des hydatides; dans certains cas, nous l'avons dit tout à l'heure, cette détente de la poche détruit leur résistance et suffit pour les tuer.

L'électrolyse simple, ou celle que l'on pratique en introduisant des aiguilles, exerce une action chimique considérable qui modifie profondément l'état du liquide.

L'électrolyse capillaire, c'est-à-dire celle où des canules perméables remplacent les aiguilles, permet de combiner les deux actions, puisque l'on peut ainsi détendre la poche en laissant écouler une certaine quantité de liquide, et décomposer chimiquement l'eau qui entre pour une si large part dans sa constitution, tout en se débarrassant de la mousse gazeuse, dont la production considérable est défavorable pour le succès de l'opération.

Dans un anévrisme de l'aorte cette mousse, lancée dans le torrent circulatoire, a déterminé sous nos yeux une embolie cérébrale qui disparut très rapidement.

Nous pouvons résumer ainsi cette communication.

L'électrolyse capillaire aspiratrice constitue une méthode spéciale :

1° Parce qu'elle bénéficie des avantages de la ponction et de ceux de l'électrolyse;

2° Parce qu'elle permet à l'action chimique de s'exercer plus utilement sur un liquide à faible tension, qu'une légère malaxation de la poche peut mettre successivement au contact de la canule;

3° Parce qu'elle assure la sortie de cette mousse gazeuse qui résulte de la décomposition chimique des liquides;

4° Parce qu'elle favorise la coagulation de la fibrine, et la mort de certains parasites comme l'hydatide.

Dans les deux faits que nous venons de rapporter, nous avons obtenu deux guérisons définitives par un moyen simple, absolument inoffensif et très passagèrement douloureux ; nous avons pu éviter à notre première malade une thyroïdectomie que des circonstances particulières rendaient excessivement dangereuse, à notre second malade déjà cachectique ou les mauvaises chances d'une longue suppuration ou les dangers d'une laparotomie des plus difficiles. Il nous est souvent utile de recourir à l'habileté des chirurgiens qui, depuis quelques années, deviennent de plus en plus audacieux ; mais quand une simple ponction capillaire et le passage d'un courant électrique peuvent remplacer une opération sanglante, nous devons nous empresser d'en faire profiter nos malades.

M. E. VALUDE

A Paris.

QUELQUES FAITS NOUVEAUX DANS LA MÉTHODE ANTISEPTIQUE APPLIQUÉE A LA CHIRURGIE OCULAIRE

— Séance du 19 août 1885 —

Au nom de M. le Pr Panas, dans le service duquel j'ai pu recueillir les observations qui font l'objet de cette communication, au mien, j'ai l'honneur de présenter ici un certain contingent de faits qui m'ont paru utiles à enregistrer en ce temps où rien de ce qui touche la méthode antiseptique ne doit rester inconnu.

Il n'est si petit progrès dans cette voie qui ne soit intéressant à connaître. Tout récemment encore, les résultats de cette méthode, appliquée à l'extraction de la cataracte, étaient l'objet d'une communication au Congrès médical de la Grande-Bretagne. C'est qu'en effet, en ophtalmologie, le problème de l'antisepsie se complique d'une série de conditions spéciales qui ne surgissent point toujours dans l'exercice de la chirurgie générale.

M. le Pr Panas a, dans sa communication du 24 mars 1885, à l'Académie de médecine, nettement posé ces conditions, auxquelles doit satisfaire l'antisepsie dans ses applications à l'organe de la vision.

Pour tous les détails de la méthode, nous renverrons au Bulletin de

l'Académie du 24 mars dernier, mais nous dirons seulement que, d'accord avec la majorité des ophtalmologistes, M. Panas adopte les solutions mercuriques comme l'antiseptique fondamental de la pratique oculaire. Toutefois, au lieu d'employer le sublimé, on se sert à la clinique de l'Hôtel-Dieu de la solution de biiodure de mercure à la dose de 1 gramme pour 20000. (La solubilité du biiodure, à cette dose, est obtenue grâce à l'addition d'un peu d'alcool); ce liquide ayant été expérimenté et reconnu meilleur antiseptique que le bichlorure à 1/10000.

La matière antiseptique du service de M. le Pr Panas étant connue, nous venons apporter ici quelques cas, dans lesquels il en a été fait un usage encore peu répandu; nous entendons parler du LAVAGE INTRA-OCULAIRE pratiqué, soit dans l'*opération de la cataracte, soit dans les suppurations de la chambre antérieure.*

Les précautions antiseptiques poursuivent, on le sait, deux buts principaux, qui sont de prévenir l'infection d'une plaie opératoire, ou encore de détruire un foyer infectieux déjà formé.

L'antisepsie de l'œil, pendant l'opération de la cataracte, répond à la première partie du problème, le traitement des suppurations cornéennes et intra-oculaires trouverait place dans la seconde.

Enfin, nous aurons à rapprocher de ces précédentes opérations celle de l'énucléation, dans laquelle les soins antiseptiques, poussés aussi loin que l'entend M. Panas, peuvent avoir le double effet de prévenir l'inflammation post-opératoire et même de la faire disparaître lorsqu'elle est déjà en puissance. Ces faits prennent une certaine importance, en ce moment où la crainte des accidents consécutifs à l'énucléation a lancé les ophtalmologistes à la recherche de nouvelles opérations plus favorables.

DES LAVAGES ANTISEPTIQUES DE LA CHAMBRE ANTÉRIEURE DANS L'OPÉRATION DE LA CATARACTE.

Lors de sa communication à l'Académie, M. Panas ne fit aucune mention de cette nouvelle application de la méthode antiseptique, qu'il n'avait point encore pratiquée. Mais, depuis ce temps, tous les malades de la clinique de l'Hôtel-Dieu ont été soumis au lavage intra-oculaire, comme complément à l'extraction de la cataracte.

Les détails de ces faits (50 ou 60 environ) seront l'objet d'une communication que M. Panas doit lire à l'Académie de médecine dans une de ses prochaines séances; il y sera également présenté la seringue spécialement imaginée pour cette délicate manœuvre.

Il ne nous appartient donc pas d'empiéter sur la communication de notre excellent maître, ni de citer les faits par là même ; nous dirons seulement que l'opération de la cataracte, ainsi complétée, paraît être parvenue à son extrême degré de perfection.

Le mode d'emploi de ces lavages est des plus simples : Après l'extraction, le bec de la seringue est introduit à l'entrée de la plaie et le liquide antiseptique poussé doucement dans la chambre antérieure. Sur le moment, il se produit une imbibition des lames cornéennes qui blanchissent et deviennent opalescentes, surtout naturellement au voisinage de la plaie. De ceci, il ne faut avoir aucune inquiétude; cette opalescence disparaît toujours consécutivement, même quand elle se prolonge quelques jours, ce qui peut se voir.

Après une pareille application de la méthode antiseptique, l'œil est pansé comme il convient. Les résultats sont on ne peut plus favorables.

Dire qu'après ceci les accidents inflammatoires, les panophtalmies sont rares, serait faire peu d'éloge de cette opération, car, même en l'absence de lavages oculaires, on ne redoute plus guère à l'heure actuelle ces graves complications, mais il est intéressant d'observer, grâce à ces lavages, la disparition des petits accidents qui ne laissaient pas que d'enrayer et même de compromettre la guérison parfaite.

Avec l'antisepsie intérieure de la chambre antérieure, plus de trace de réaction du côté de l'œil opéré, il n'est pas rare de trouver le pansement qui recouvre l'œil sain enduit de plus de mucosités que celui du côté opéré.

Enfin, le plus bel éloge qu'on puisse faire de cette pratique rigoureuse de l'antisepsie est qu'elle permet de faire avec le plus grand succès l'opération de la cataracte sans iridectomie, qu'elle permet de revenir à l'opération véritablement de choix, telle que Daviel l'avait conçue dans son principe.

On sait bien, en effet, que de Græfe n'avait institué l'emploi de l'iridectomie comme premier temps de l'extraction du cristallin que parce qu'il pensait, en agissant ainsi, s'opposer au développement des inflammations consécutives, si communes à cette époque.

N'ayant plus à craindre les infections suppuratives, grâce à l'emploi de l'antisepsie, il était naturel de revenir à l'opération de Daviel, à cette méthode dont les résultats définitifs offrent le type incontesté de la perfection.

L'usage des lavages intra-oculaires, en donnant à ce procédé opératoire la sécurité presque absolue, permet donc de réaliser pour l'opération de la cataracte l'union du résultat esthétique parfait et de la simplicité post-opératoire extrême. C'est atteindre le but idéal de la chirurgie, ce que M. Panas appelle le maximum d'effet.

DES LAVAGES ANTISEPTIQUES DANS LES SUPPURATIONS DE LA CHAMBRE ANTÉRIEURE.

Cette toilette antiseptique, si efficace à prévenir le développement de l'irritation post-opératoire, devait trouver une application aussi heureuse dans le traitement de suppurations intra-oculaires, où il ne s'agit plus d'empêcher, mais de détruire l'infection.

Voici un résumé des plus concis de cinq observations de kératite purulente et d'hypopyon traitées par les cautérisations au fer rouge et les lavages antiseptiques.

(Le détail de ces faits sera publié ultérieurement dans un travail spécial.)

Observation I. — Homme, âgé de 60 ans, entre le 22 avril 1885 à l'Hôtel-Dieu.

L'œil droit, blessé par un gravier, présente une large ulcération presque perforante et un hypopyon qui mesure plus du tiers de la chambre antérieure.

L'opération que M. Panas exécute pour ce cas et que nous donnons comme le type de sa pratique, est la suivante :

1° Lavage extérieur de l'œil et de la conjonctive à la solution antiseptique;

2° Cautérisation de l'ulcère avec le thermo-cautère, jusqu'à ce que se produise le jet d'humeur aqueuse;

3° Ponction avec la pique à la partie inférieure de la cornée et extraction, avec une pince à caillots ou une curette, du pus de l'hypopyon, qui est d'ordinaire grumeleux et concret;

4° Enfin, lavage intra-oculaire à la solution de biiodure de la même manière qu'après l'extraction de la cataracte;

5° Pansement à l'ésérine et compression suivant les cas.

Telle fut la conduite suivie dans ce cas. On fit un peu de compression pour empêcher le développement d'un staphylôme. Après l'opération, les douleurs, la photophobie cessèrent pour ne plus revenir; on toucha encore l'ulcère au crayon, puis même au thermo-cautère, pour activer la formation de la cicatrice.

Au 1er juillet, cet homme est encore dans les salles, l'ulcération de ce vaste ulcère est comblée ou peu s'en faut, et le malade distingue à se conduire. Toutefois, il s'est formé de vastes adhérences inévitables après de tels dégâts, mais il est à penser qu'une iridectomie, par la suite, non seulement fournira une pupille, mais encore réduira l'étendue de l'opacité leucomateuse.

Observation II. — Dans ce second fait, le lavage intra-oculaire a été très nettement le point de départ de la rémission des symptômes.

Un homme de 48 ans entre le 23 avril, avec une vaste ulcération pulpeuse de la cornée et un hypopyon considérable.

La cautérisation au thermo-cautère de l'ulcère, l'emploi de l'ésérine font diminuer et même à peu près disparaître le pus jusqu'au 10 mai; mais à cette époque l'hypopyon se reforme. Cette fois-ci, la chambre antérieure est évacuée et lavée antiseptiquement, et, de ce jour, la suppuration n'a plus reparu. La guérison de l'ulcère est poursuivie par des attouchements successifs au nitrate d'argent.

Actuellement, il existe un vaste leucome qui occupe la moitié inférieure de

la cornée, et derrière ce leucome un iris adhérent sur une assez grande surface. Le malade voit, mais peu nettement.

Observation III. — Dans ce cas, un des plus mauvais qui se puissent voir, le malade a cependant guéri de manière à conserver quelque espérance pour la vision dans l'avenir.

Un homme de 68 ans entre, le 12 mai, avec une ulcération cornéenne presque totale et un hypopyon complet. La chambre antérieure est remplie de pus.

Sous l'influence du traitement, l'infection a cédé si complètement, que jamais la suppuration ne s'est reproduite dans la chambre antérieure, pas plus qu'entre les lames de la cornée.

Mais l'ulcère est si profond, que, malgré les cautérisations au fer rouge et au nitrate d'argent, malgré la compression, il se fait une hernie de l'iris qu'il est nécessaire d'exciser.

Au 1er juillet, la hernie irienne est définitivement arrêtée, mais il reste une adhérence étendue à la cornée amincie, et cet état de choses met l'œil dans la nécessité de subir plus tard une iridectomie complémentaire.

Observation IV. — Un homme de 47 ans arrive à l'Hôtel-Dieu le 15 juin, avec une large et profonde ulcération qui comprend presque toute la cornée, et un hypopyon qui remplit le tiers de la chambre antérieure.

Le traitement exposé plus haut est mis en œuvre, on couvre l'œil d'une vessie de glace pour arrêter l'inflammation vive dont il est le siège.

L'hypopyon ne s'est plus reproduit; les lames de la cornée redeviennent pendant quelques jours un peu purulentes, puis l'ulcère s'arrête dans sa marche perforante et tend graduellement vers la guérison. A ce moment, on remarque que le cristallin, par propagation de voisinage, est complètement opacifié et qu'il a pris une teinte jaunâtre. La cornée est claire sur une assez grande étendue, la chambre antérieure est reformée.

Observation V. — Cette observation, comme l'observation II, montre de la manière la plus évidente que le foyer infectieux n'a cessé de se reproduire qu'après l'emploi des lavages antiseptiques. Elle mérite d'être remarquée.

Une femme de 49 ans se présente le 13 juin à la clinique avec une ulcération centrale de la cornée et un hypopyon mesurant 3 millimètres de hauteur.

Le 17 juin, ponction avec la pique, évacuation du pus, lavages *extérieurs* de 'œil, insufflations d'iodoforme.

Le 20, le pus se reforme; même traitement, mêmes lavages externes.

Le 22, l'hypopyon a augmenté, a atteint le tiers de la chambre antérieure. La malade a une forte fièvre; ce jour-là l'ulcère est touché au thermo-cautère, la chambre antérieure est évacuée et lavée au biiodure. Ce lavage de la chambre antérieure permet de constater qu'il existait du pus derrière l'iris.

Deux jours après, il reste encore une goutte de pus dans la chambre antérieure; quelques jours de traitement par l'ésérine, les compresses chaudes et tout rentre dans l'ordre; l'ulcère, très profond, tend à se cicatriser.

Le 17 juillet, la malade peut compter les doigts à un mètre. La cornée est claire dans les trois quarts de son étendue.

Tel est le bilan de nos cinq observations. Ce qu'elles ont de remarquable, c'est la rapidité avec laquelle sont tombés les symptômes inflamma-

toires, et la rareté de la reproduction de la suppuration après le double emploi du thermo-cautère et du lavage antiseptique.

On pourrait avoir la pensée de les incriminer dans une certaine mesure au point de vue des résultats définitifs, et trouver que la plupart de ces yeux présentent de larges adhérences qui rendent problématique le succès des opérations ultérieures. Mais on doit reconnaître qu'il s'agit dans le choix qui a été fait de cas graves, d'yeux très avancés en désorganisation, et chez lesquels, le plus souvent, un ulcère menaçait de perforation la chambre antérieure remplie de pus.

Dans de telles conditions, ces yeux étaient voués aux staphylômes, aux leucomes étendus et adhérents aussi bien avec les lavages que sans eux, par tout autre procédé. La cautérisation simple ou la transfixion de Sæmisch n'eussent pas suffi seules à arrêter la marche des symptômes, et nous avons vu que deux fois, il avait été nécessaire de recourir en deuxième reprise au lavage intra-oculaire. Son emploi a marqué le début de l'amélioration ; généralement le pus a disparu pour ne plus reparaître, ou a subi dans sa quantité une marche décroissante.

On peut espérer ainsi réussir à enrayer les progrès de la suppuration alors que tout autre moyen serait impuissant à empêcher la fonte purulente du globe oculaire.

LAVAGES ANTISEPTIQUES DANS L'ÉNUCLÉATION.

Pour terminer cette courte communication, qui est plutôt une relation de faits destinée à fortifier encore la confiance en l'antisepsie, nous dirons deux mots de l'opération de l'énucléation. Celle-ci est justiciable de lavages antiseptiques qui se compareraient par leur mode d'emploi et leurs excellents résultats aux lavages intra-oculaires.

Dans le dernier numéro des *Archives d'Ophtalmologie* (juillet-août), M. Bettremieux exposait en quelques pages le résumé de quelques observations et le mode opératoire de M. Panas en ces cas. Nous rappelons brièvement le procédé mis en usage :

1° Lavages extérieurs à la solution au biiodure;

2° Énucléation suivant la méthode de Bonnet;

3° Irrigation de l'intérieur de la cavité de Tenon après l'ablation de l'œil, avec la solution antiseptique;

4° Le lavage étant effectué avec soin, l'hémorragie, légère d'ailleurs, étant arrêtée, M. Panas réunit la conjonctive par trois points de suture à la soie phéniquée fine, mais il a soin de placer dans un angle de la plaie un petit drain de caoutchouc entaillé en gouttière.

Ce drainage, qui sert à ménager aux liquides leur libre écoulement, est ici le point important et nouveau; c'est par là que ce procédé se rapproche

de la méthode pure de Lister, qui ne trouve pas toujours la possibilité, comme on le sait, de s'appliquer exactement à l'organe de la vision.

Ainsi conduite, cette opération a les suites les plus simples; la cicatrisation s'effectue en quelques jours, sans gonflement, sans réaction aucune, sans surtout de ces accidents inflammatoires ou méningitiques, qui faisaient que jadis cette opération de l'énucléation était toujours redoutée.

En terminant, nous tenons à dire que l'usage des lavages antiseptiques poussés dans la chambre antérieure n'est point une chose que nous ayons voulu présenter comme une nouveauté absolue; cette pratique a déjà été suivie depuis deux ans en Allemagne, justement dans les cas d'hypopyon et aussi pour enrayer les inflammations consécutives à l'opération de la cataracte.

Mais nous ne sachons pas, toutefois, que la toilette intra-oculaire ait jamais été conseillée comme un complément systématique de toute extraction, en dehors de l'état inflammatoire.

Au reste, à côté du fait qu'il est intéressant de produire pour faire connaître une nouveauté scientifique, il y a l'observation qu'il est utile de publier pour vulgariser une méthode heureuse; c'est dans ce dernier but que nous avons voulu rapporter ici quelques résultats qui nous ont paru devoir servir à entraîner la confiance.

M. FERRET

A Paris.

DE LA NATURE DIATHÉSIQUE DE QUELQUES ULCÈRES SIMPLES DES JAMBES

— Séance du 19 août 1885 —

Les ulcères de jambe qu'on ne peut rapporter à aucune des formes diathésiques actuellement admises, et que pour cette raison on désigne sous le nom d'ulcères simples, sont loin de présenter tous la même évolution et les mêmes caractères cliniques. Les uns guérissent rapidement sous l'influence du repos et de pansements appropriés, pendant que les autres, en plus grand nombre, résistent aux pansements les mieux faits et restent de longs mois à se cicatriser.

Sans m'appesantir sur les premiers, dont les causes sont toutes locales,

j'insisterai seulement sur la deuxième forme, dont l'étude offre un bien plus grand intérêt et à laquelle se rapportent les observations suivantes :

OBSERVATION I. — Un homme de 54 ans, exerçant la profession de charretier, et alcoolique invétéré, entre à l'hôpital de Meaux en octobre 1883, pour un ulcère de la jambe gauche. Ce malade est d'une bonne constitution ; il n'a pas de varices apparentes et n'accuse aucun symptôme de varices profondes. Il n'est ni syphilitique ni scrofuleux, mais présente par contre à un haut degré les signes de l'arthritisme (migraine, dépôts dans les urines, déformation caractéristique de l'articulation métatarso-phalangienne du gros orteil).

L'ulcère pour lequel il vient se faire soigner récidive pour la troisième fois, et son traitement a toujours nécessité un séjour de plusieurs mois à l'hôpital. A la face interne du tibia, à trois travers de doigt au-dessus de la malléole, existe une ulcération arrondie, peu profonde, à fond grisâtre parsemé de petites granulations rouge-orangé et à sécrétion peu abondante. Cet ulcère est traité par le repos, l'élévation du membre et le pansement par occlusion pendant deux mois, sans avantage bien marqué. J'essaye sans plus de succès divers autres modes de traitement, et finalement le raclage et le pansement de Lister. De guerre lasse, après plus de quatre mois de séjour à l'hôpital, je tente de modifier l'état général par le salicylate de soude ; et c'est alors seulement que l'ulcère manifeste une tendance à la guérison, qui était complète en moins de trois semaines.

OBSERVATION II. — Un homme de 58 ans, forgeron, d'une bonne santé habituelle et sans antécédents alcooliques, a déjà été soigné à l'hôpital de Meaux, il y a cinq ans, pour un ulcère de la jambe droite qui a nécessité un traitement de six mois. Ce malade, fortement entaché d'arthritisme, ne présente pas de signe d'autre diathèse. Il est né d'un père goutteux et d'une mère cancéreuse ; lui-même a eu pendant longtemps la migraine, et est actuellement asthmatique. Il ne présente d'ailleurs aucun signe de varices externes ou profondes. Il revient à l'hôpital au commencement de l'année 1884, parce qu'il souffre depuis quelques jours au niveau de la cicatrice de son ancien ulcère, qui siégeait à la partie antéro-externe de la jambe droite, à deux doigts au-dessus des malléoles. Dans toute cette région, la peau est rouge et chaude, et vers le centre, dans l'étendue d'une pièce de deux francs environ, elle est parsemée de petites granulations rouge-orangé du volume d'une tête d'épingle. Je prescris le repos au lit et les cataplasmes de fécule. Le lendemain, la plupart de ces granulations ont fait place à de petites ulcérations à fond grisâtre, et de nouvelles granulations se sont produites à la périphérie. Pendant les jours qui suivent, ce processus continue et aboutit en une semaine à la formation d'un ulcère peu profond, à fond parsemé de granulations et de points ulcérés grisâtres.

Repos au lit, élévation du membre, pansement par occlusion. L'ulcère augmente graduellement d'étendue, et en moins de quinze jours, il a 10 centimètres de haut en bas et 8 transversalement.

Le traitement local restant le même, le salicylate de soude est prescrit à la dose de 3 grammes par jour.

Sous cette influence, le processus ulcératif cesse pour faire place à une tendance à la guérison ; et la cicatrisation était obtenue en moins d'un mois.

OBSERVATION III. — Le troisième cas que j'ai observé se rapporte à une femme de 52 ans, obèse, atteinte de varices aux membres inférieurs et ayant eu dans

sa jeunesse des rhumatismes articulaires aigus qui lui ont laissé une insuffisance mitrale. Cette malade revient à la fin de 1884, pour une rechute d'ulcère de la jambe droite, pour lequel elle a déjà été soignée à l'hôpital, il y a près d'un an.

A cette époque, la guérison avait été obtenue, en trois mois et demi, par le repos et le pansement par occlusion. L'ulcère, qui siège comme la première fois à la partie antéro-interne de la jambe droite, a à peu près la même étendue que précédemment, c'est-à-dire 12 centimètres de haut en bas et 9 à 10 transversalement. Il a débuté il y a seulement quinze jours; et la malade a continué à vaquer à ses occupations jusqu'au moment de son entrée. L'ulcère est douloureux, la suppuration abondante; le fond est grisâtre et parsemé de ces petites granulations que j'ai signalées dans les observations précédentes.

Le traitement local est institué comme la première fois: repos, élévation du membre, pansement par occlusion; et j'y joins le traitement général par le salicylate de soude. Après un mois, l'ulcère était guéri; fait qui contraste singulièrement avec la lenteur de la guérison obtenue précédemment à l'aide des mêmes pansements et sans avoir recours au traitement général.

Conclusions. — Ces trois observations démontrent qu'il existe chez les arthritiques avancés en âge une forme particulière d'ulcère de jambe, et cette affection se présente avec des caractères très nets. De même que pour les autres formes d'ulcères de jambe, la cause occasionnelle est souvent un traumatisme ou une irritation même légère de la peau.

Alors que l'ulcère variqueux simple guérit très vite sous l'influence seule du repos et de pansements appropriés, l'ulcère en question, ainsi que les autres ulcères diathésiques, ne cède rapidement qu'au traitement spécifique. Les symptômes locaux caractérisent cette affection aussi nettement que le terrain sur lequel elle se développe; et quand on assiste à son début, on observe les phases suivantes : tout d'abord, la peau de la jambe devient rouge, chaude et douloureuse, et bientôt apparaissent, au point qui va devenir le siège du mal, de petits grains rouge-orangé, du volume d'une tête d'épingle à peine. Puis ces granulations disparaissent, et à leur place on trouve de petites surfaces grisâtres, déprimées en cupule.

Ces ulcérations primitives se rejoignent, et constituent par leur réunion un ulcère plus ou moins étendu, sur le fond et les bords duquel apparaissent de nouvelles granulations à évolution identique. De telle sorte que l'ulcère, tant qu'il est en voie d'accroissement ou même stationnaire, présente une surface à peu près unie, peu profonde et parsemée de granulations rouges.

Après un temps plus ou moins long, ce processus ulcératif cesse spontanément; et alors la cicatrisation peut être obtenue sous l'influence seule du repos et des pansements. Mais si ce traitement local est suivi d'une façon défectueuse, l'ulcère peut persister indéfiniment, bien qu'il ait perdu ses caractères spécifiques. Ces symptômes, tant locaux que

généraux, ainsi que l'influence du traitement, permettent de faire entrer cet ulcère, décrit jusqu'à présent sous le nom d'ulcère simple, dans la classe des ulcères diathésiques et de le considérer comme un des accidents tardifs de l'arthritisme.

M. TROLARD

Professeur d'anatomie à l'École de Médecine d'Alger.

LES LACS SANGUINS DE LA DURE-MÈRE. LA VEINE VERTÉBRALE

— Séance du 19 août 1885 —

LES LACS SANGUINS DE LA DURE-MÈRE.

En 1868, j'ai signalé l'existence de cavités qui se trouvent situées dans l'épaisseur de la dure-mère, notamment sur les côtés du sinus longitudinal supérieur.

Ces cavités, qui atteignent quelquefois le volume d'une demi-noisette, présentent une paroi inférieure toujours constituée par les corpuscules de Pacchioni, et une paroi supérieure en forme de calotte constituée par la dure-mère. Des trabécules fibreux, souvent nombreux, vont d'une paroi à l'autre.

Ces cavités, que j'ai proposé de désigner sous le nom de « lacs sanguins de la dure-mère ». communiquent :

1° Avec le sinus : *a*, soit par des orifices très fins ; *b*, soit par un canal de 1 à 2 millimètres de long ; *d*, soit directement; dans ce cas, le lac s'ouvre dans le sinus sur toute l'étendue de son diamètre antéro-postérieur ;

2° Avec les veines cérébrales. Celles-ci contournent le lac ou passent au-dessous de lui ; presque toujours elles présentent, avant de se jeter dans le sinus, un ou deux orifices de communication avec la cavité. C'est lorsque cette communication n'existe pas, que l'on rencontre un canal reliant le lac sanguin au sinus, dans le cas où ce lac ne s'ouvre pas largement, comme je l'ai dit plus haut, dans le vaisseau veineux ;

3° Avec les veines méningées. Constamment, l'une des deux méningées y prend son point de départ ;

4° Avec les canaux du diploé. Il est rare de ne pas rencontrer au moins une cavité dont le plafond ne présente pas un orifice. Cet orifice correspond à un trou de même dimension creusé dans la table interne des os et qui s'ouvre dans un canal diploïque.

Les dépressions, dites digitales, qui existent sur la table interne, et qui

sont pour ainsi dire constantes de chaque côté de la partie moyenne de la suture bipariétale, sont destinées à loger les cavités pacchioniennes. quand elles atteignent un certain volume. C'est le plus souvent au fond de ces dépressions que se trouvent les orifices qui mettent en communication le réseau diploïque avec les lacs.

Cette description des cavités sanguines de la dure-mère est celle qu'en ont donnée Key et Retzius en 1870, c'est-à-dire plus d'un an après mon premier travail (ce qui ne les a pas empêchés de revendiquer la priorité de la découverte). Labbé, en 1882, et le Dr Wellenbergh, d'Utrecht, ont adopté aussi ma description.

Dans la deuxième édition de son *Anatomie descriptive*, Sappey les décrit de la même façon; mais, dans sa dernière édition, il considère « les saillies veineuses comme formées par des veinules dilatées, anastomosées et reliées entre elles par les fibres dissociées de la dure-mère. »

L'opinion d'un anatomiste aussi éminent m'a déterminé à reprendre mes recherches.

Or — c'est là le but principal de ma communication — mes nouvelles recherches n'ont fait que confirmer les premières et me permettent de conclure ainsi :

S'il est vrai que l'on rencontre quelquefois — rarement, devrais-je dire — sur les bords du grand sinus des ampoules veineuses résultant de la fusion de deux ou trois veines, ces ampoules sont parfaitement distinctes des lacs sanguins.

En effet, on ne rencontre dans leur cavité ni corpuscules pacchioniens, ni trabécules. Les veines et veinules qui les produisent ne proviennent que de la surface cérébrale et s'abouchent à plein canal dans leur intérieur.

Les lacs sanguins, eux, sont plutôt allongés qu'ampullaires ; leur cavité renferme toujours des corpuscules de Pacchioni; les parois sont reliées par des trabécules; leur plafond présente souvent des orifices par lesquels les corpuscules font hernie quand les parois sont rapprochées; enfin, ils communiquent non seulement avec les veines cérébrales, mais encore avec les veines méningées et les canaux du diploé. Enfin, les communications avec les veines cérébrales se font par des orifices petits, mais faciles à distinguer et dont le diamètre est constant, quel que soit le sujet examiné. Quand ces orifices manquent — ce qui est très rare — le lac est relié à la veine par le canal indiqué plus haut.

Les caractères des deux sortes de cavités sont donc des plus tranchés.

Les ampoules veineuses de Sappey se transforment-elles en lacs sanguins ? Je n'ai jamais rien rencontré qui puisse ressembler à une transition de l'un de ces états à l'autre, quel que soit l'âge du sujet examiné.

Aussi bien chez le jeune homme que chez l'homme âgé, je les ai toujours retrouvées avec leurs caractères distincts, tandis que d'après la théorie de Sappey, les lacs sanguins étant la dernière période des transformations des ampoules, on devrait ne rencontrer que des lacs chez les vieillards et surtout des ampoules chez les jeunes sujets. Or, ces rapports n'existent nullement.

D'un autre côté, le nombre des ampoules est toujours limité, tandis que le nombre des cavités pacchioniennes varie suivant les sujets. Elles s'étendent quelquefois dans toute la longueur du sinus, et présentent même des îlots plus ou moins loin du sinus, tandis que d'autres fois elles ne dépassent pas la partie moyenne de la suture bipariétale.

Si le lac n'était formé que par des anastomoses de veines et de veinules, on devrait de temps à autre rencontrer des cas qui permettent de débrouiller le lacis veineux, alors que l'enchevêtrement ne fait que commencer; on devrait aussi y trouver les orifices béants des veines, ainsi que cela se voit dans les ampoules variqueuses. Or, je n'ai jamais rien noté de tout cela.

Loin de là, j'ai pu chaque fois suivre les veines et les veinules situées dans le voisinage ou au-dessous des lacs, et m'assurer que, sans modifier aucunement leur calibre, elles allaient se jeter comme les autres dans le sinus, ne présentant sur leurs parois que les orifices de communication avec le lac, dont j'ai parlé plus haut.

Je me résumerai en disant: toute cavité intra-durale qui contient des granulations de Pacchioni et qui communique avec les veines cérébrales méningées et diploïques, est un lac sanguin. Toute cavité qui ne présente pas ces caractères est une ampoule veineuse. Ces deux espèces de cavités restent toujours indépendantes; et dès leur apparition, elles se présentent avec leur caractère particulier.

Quels sont les usages des lacs sanguins?

Ces lacs, loin de n'être que de simples varices, comme le voudrait M. Sappey, sont, pour moi, de véritables organes nés du besoin d'entourer le cerveau de toutes les garanties que réclame cet organe délicat entre tous.

La circulation veineuse intra-cérébrale est assurée par le sinus longitudinal inférieur, dont la cavité à parois extensibles peut recevoir une notable quantité de sang, lequel peut refluer jusqu'au sinus supérieur par les anastomoses que j'ai signalées dans l'épaisseur de la faux du cerveau, anastomoses qui acquièrent un développement proportionnel aux besoins de la circulation. — Les sinus occipitaux, dilatables aussi, jouent par rapport au cervelet le même rôle que le longitudinal inférieur pour la circulation intra-cérébrale.

Quant à la circulation veineuse extra-cérébrale, elle est assurée par les lacs sanguins.

Aussitôt que surgit un obstacle quelconque au courant veineux, ils se remplissent et se distendent, et au besoin se vident par les canaux diploïques et par les veines méningées.

Les deux lacs sanguins les plus volumineux, et qu'on peut considérer comme constants à partir d'un certain âge — 10 ans — sont des types de ces organes de dégorgement.

En dehors, ils donnent naissance quelquefois aux deux veines méningées moyennes, mais le plus souvent à une seule. En dedans, ils donnent aussi naissance à la grande veine anastomotique (que j'ai décrite en même temps que les lacs) qui va se terminer, sous la forme d'un véritable sinus, dans le sinus pétreux supérieur. Détail assez intéressant : les deux arcs de cercle qui représentent la grande veine anastomotique et les méningées, et qui partent du même point en haut se croisent en bas sur la grande aile du sphénoïde, à une distance variable du trou grand rond. La veine anastomotique, qui à ce niveau est un sinus, passe par-dessus les méningées, et toujours présente sur sa paroi inférieure un ou deux orifices très nets qui établissent la communication avec celles-ci.

Enfin, au-dessus, par les orifices pour ainsi dire constants qui perforent leur paroi supérieure, les lacs sanguins communiquent avec le réseau diploïque.

On voit quelle large surface d'échappement présentent les lacs avec les canaux qui en partent.

Cet usage ne me paraît guère contestable. La disposition, la situation de ces cavités avec leurs tenants et leurs aboutissants nous semblent indiquer suffisamment leur rôle, sans qu'il soit besoin d'insister.

Non seulement ces réservoirs, en recevant le trop-plein à un moment donné, ne laissent pas au reflux le temps de produire des dégâts, mais encore il faut remarquer que la grande veine anastomotique et les veines méningées moyennes sont capables de suppléer, au moins en partie, au courant qui aboutit aux fosses jugulaires. Ce courant est souvent interrompu ou diminué en ce point, si l'on en juge par le développement considérable qu'acquiert parfois l'ampoule qui précède le trou déchiré postérieur. Dans ces cas d'arrêt ou de diminution de vitesse, la veine anastomotique dirige le liquide veineux dans les veines méningées d'abord (quand elle passe au-dessus de celles-ci), puis dans le sinus pétreux supérieur.

Ce sinus est à courant indifférent; si le courant est retardé dans les sinus latéraux, il conduira donc le sang de la veine anastomotique dans le sinus pétreux inférieur, par l'intermédiaire du sinus caverneux; du sinus pétreux inférieur, le sang passera en partie dans les lacunes de l'apophyse

basilaire, lesquelles se continuent avec les lacunes intra-rachidiennes, et en partie (la plus grande) dans la jugulaire interne, à laquelle le sinus pétreux inférieur aboutit à un centimètre environ au-dessous du trou déchiré postérieur par l'intermédiaire d'une veine, que j'ai décrite.

Enfin, si l'obstacle siège dans la jugulaire même, le sang reflue de la veine qui termine le pétreux inférieur dans le confluent condylien antérieur, réservoir quelquefois volumineux et qui se vide par les sinus extra-rachidiens antérieurs et par la veine vertébrale.

Je viens de dire qu'il n'y a pas de lacs sanguins proprement dits sans corpuscules de Pacchioni; c'est pourquoi je les désigne quelquefois sous le nom de cavités pacchioniennes. Quel est le rôle de ces corpuscules dans le fonctionnement des réservoirs lacuneux? Quelle est leur nature? Sont-ce simplement des produits excrémentiels comme le veut Faivre? Sont-ce des phlébolithes comme le veut Labbé?

Toutes les hypothèses sont admissibles jusqu'à ce jour, puisque l'expérience manque encore; mais on peut, je crois, élever des doutes sérieux sur celles-ci. De même qu'il m'a paru difficile d'admettre que la nature choisissait le voisinage immédiat de la substance cérébrale pour laisser s'y développer des varices, de même il me paraît difficile de croire qu'elle a choisi cet endroit pour y incruster des produits de nature inflammatoire.

Le choix du même emplacement pour y déposer les produits excrémentitiels provenant du liquide encéphalo-rachidien ne me paraît pas plus heureux, quand il y a tant d'autres endroits, du côté de la colonne vertébrale, où ces dépôts eussent pu être faits sans aucun inconvénient.

Suivant le Dr Wellenbergh, les corpuscules seraient dus à un tissu conjonctif situé dans l'espace sous-arachnoïdien, lequel tissu, sous la pression du liquide céphalo-rachidien, ferait hernie dans les espaces qu'il appelle subduraux. Cette pression proviendrait de ce que, sous l'influence d'afflux de sang répétés, le liquide « doit se frayer un passage par des voies nouvelles..... il doit s'efforcer de pénétrer dans tous les espaces qui se sont formés de ci, de là par le relâchement de la dure-mère... »

L'explication me paraît critiquable. En effet, si le liquide pressé de toutes parts cherche une nouvelle voie, on ne se représente guère comment il la trouve, puisque le résultat de sa pression est de faire pénétrer un bouchon plein dans l'espace subdural. S'il s'introduisait dans cet espace en se coiffant du tissu conjonctif sous-arachnoïdien, on concevrait que cette vésicule lui offrît ainsi un débouché; mais, d'après l'auteur, ce n'est pas ainsi que les choses se passent.

D'un autre côté, quand, par un afflux sanguin important, le liquide subit une pression anormale, je crois qu'il peut toujours trouver une

issue beaucoup plus facile du côté du rachis, où il peut s'accumuler en grande quantité en aplatissant les mailles si nombreuses des plexus veineux et en refoulant le tissu graisseux des trous de conjugaison.

Dans l'hydrencéphalie, on devrait, d'après cette théorie, rencontrer une exubérance de granulations. Je ne sache pas que le fait ait été noté.

L'origine des granulations est donc encore à trouver. Je ne puis, de mon côté, fournir de nouvelle théorie ; mais, étant admis que le lac sanguin est un organe dont la fonction est parfaitement déterminée, il me semble peu rationnel d'admettre qu'un des éléments constitutifs de cet organe n'est qu'accidentel ou pathologique.

L'organe se développe, doit se développer normalement, comme tous les autres organes de l'économie. C'est un véritable organe, en vérité.

Il n'apparaît qu'à un certain moment de l'existence, c'est-à-dire quand les besoins de la fonction l'exigent. Chez l'enfant, dont la voûte crânienne est extensible, ou lorsque plus tard la cavité crânienne s'accroît rapidement, sinus et veines peuvent se distendre sans crainte d'accidents. Mais, il arrive une époque où cette distension, limitée par les parois inextensibles ou qui ne s'éloignent que très lentement, n'est plus possible ; alors se forment les lacs sanguins, les lacs de sûreté, comme on les a appelés.

Le fait de n'apparaître qu'à une certaine période de la vie peut-il faire refuser aux lacs sanguins la qualité d'organes ?

Le fait d'organes qui commencent à disparaître après la naissance ne leur a pas fait dénier cette qualité.

D'un côté, la fonction devenant inutile, l'organe disparaît ; de l'autre côté, c'est la fonction qui, devenant nécessaire, forme l'organe.

Peut-être sommes-nous en présence d'un appareil qui n'est encore que rudimentaire et qui, se perfectionnant, arrivera plus tard à son complet développement.

Bien qu'on ignore encore la formation, l'origine des granulations, il n'en faut pas moins rechercher leur rôle dans le mécanisme de la dérivation sanguine.

Key et Retzius ont injecté un liquide coloré dans l'espace sous-arachnoïdien et l'ont vu sous une pression modérée (60 millimètres de mercure) sourdre dans les lacunes, et se mêler au sang contenu dans ces dernières.

Ils en ont conclu que les corpuscules étaient pourvus de petites ouvertures ou stomates par lesquelles le passage s'effectuait.

Ce mélange d'un liquide de sécrétion avec le sang serait un fait absolument nouveau en physiologie humaine ; mais il n'est guère besoin d'y insister beaucoup, car les auteurs de cette théorie, eux-mêmes, n'ont

pu découvrir les orifices en question; et les anatomistes, qui les ont cherchés après eux, n'ont pas été plus heureux.

D'après Wellenbergh « les granulations de Pacchioni se forment en plus grand nombre chez les uns que chez les autres, *selon les besoins de chacun;* c'est pourquoi elles sont très abondantes chez les épileptiques, les ivrognes de profession, chez les individus actifs, sanguins, irritables, et chez les hommes en général dont la vie a été fréquemment troublée par des commotions physiques ou psychiques; tandis que ces corpuscules sont peu nombreux et petits, ou font même entièrement défaut chez les sujets anémiques, phlegmatiques, indolents, débiles et dystrophiques, tels que les idiots, les imbéciles, les déments, pourvu que ces états morbides se soient déclarés prématurément. »

Voici des faits qui établissent parfaitement le rapport de cause à effet, de fonction à organe.

Que l'on me permette une tentative de théorie.

Les lacunes veineuses ne contiennent du sang que pendant les moments d'afflux sanguin considérable. Quand le sang a repris sa pression ordinaire, elles sont vides; c'est du moins très probable, car le sang ne stagne nulle part dans l'économie. Mais le vide ne saurait exister: les deux parois vont donc se rapprocher. Or, comme la paroi supérieure adhère à l'os, c'est la paroi inférieure qui, soulevée par le liquide céphalo-rachidien, ira à la rencontre du plafond, comblant avec ses granulations le vide produit; ou bien le liquide céphalo-rachidien les imbibe-t-il de façon à ce qu'elles s'étalent pour occuper, par endosmose, l'espace laissé libre?

Quel que soit le mécanisme, il me paraît rationnel d'attribuer aux granulations le rôle de combler le vide qui existe.

De plus, il est probable que les irrégularités, les bosselures du plancher favorisent l'entrée du sang dans le réservoir, en donnant prise aux molécules liquides. Deux parois lisses, rapprochées l'une de l'autre, eussent exigé une très forte pression pour être séparées.

Enfin, il faut remarquer que toutes les fois qu'il existe un orifice dans le plafond, cet orifice est constamment occupé par un paquet granuleux, qui fait hernie au dehors quand la cavité est vide. Ce bouchon, qui s'applique exactement sur l'orifice diploïque, était nécessaire pour empêcher le sang du réseau intra-osseux, dont le courant est indifférent, de refluer dans la cavité. Quand celle-ci se distend, le bouchon disparaît, entraîné par le restant des granulations, et ainsi se trouve ouvert l'orifice qui mène aux canaux veineux.

J'ajouterai, de plus, que le plancher des lacunes ainsi rembourré doit protéger la substance cérébrale contre les effets d'une tension veineuse considérable, tension dont il faut tenir grand compte, puisque c'est elle

qui détermine les dépressions osseuses destinées à loger les lacunes.

Est-ce là le seul rôle des granulations ? Il est probable que non ; qu'en dehors de cette action physique elles ont d'autres usages : c'est ce que l'avenir nous apprendra.

LA VEINE VERTÉBRALE.

La veine vertébrale présente par rapport à l'artère vertébrale la même disposition que le sinus caverneux par rapport à la carotide.

L'artère accolée en avant et en dedans du canal vertébral par le quart de sa circonférence, est entourée par la veine vertébrale dans ses trois autres quarts. Des trabécules allant des parois veineuses aux parois artérielles donnent à la cavité du vaisseau une structure aréolaire.

Admise d'abord par M. Sappey, cette disposition a été ensuite niée par lui, expliquant par des anatomoses veineuses l'aspect aréolaire de la cavité du vaisseau.

Cette appréciation de M. Sappey m'a fait recommencer mes recherches. Pour moi, cette disposition est des plus manifestes. Des coupes transversales faites à tous les niveaux en démontrent l'évidence.

Au niveau des espaces inter-transveinaires, en raison des veines qui viennent du rachis, en avant, en arrière et en dedans, l'artère est entièrement entourée par la veine.

Dans l'espace altoïdo-occipital, le sinus vertébral présente un volume considérable et la structure aréolaire est plus prononcée ; c'est un véritable tissu spongieux. Ce sinus caverneux donne naissance à la jugulaire postérieure, qui communique aussi avec la condylienne postérieure, quand celle-ci existe ; de plus, il communique avec les sinus intrarachidiens au niveau du ligament altoïdo-occipital postérieur ; enfin quand la condylienne postérieure manque, ce qui est assez fréquent, il communique largement avec le confluent condylien antérieur, qui acquiert dans ce cas de grandes dimensions.

Ce sinus caverneux, qui comprend tout l'arc postérieur de l'artère, se continue en avant avec les sinus pétro-occipitaux inférieurs, par l'intermédiaire du confluent condylien antérieur. C'est donc un cercle veineux complet, se continuant en avant avec les lacunes de l'apophyse basilaire, et qui, pourvu de très nombreux canaux de déversement, assure la circulation veineuse en arrière.

Mais ce qui doit le plus attirer l'attention, c'est la situation de l'artère vertébrale dans le sinus vertébral.

Cette disposition des artères qui se rendent au cerveau — y compris la méningée moyenne — est des plus remarquables.

Quelle en est la raison?

L'influence des distensions artérielles sur le cours du sang veineux est indiscutable; mais il est probable que ce n'est pas là la seule raison d'être de cette disposition anatomique.

M. Edmond CHAUMIER

Au Grand-Pressigny (Indre-et-Loire).

LES MALADIES DITES DE DENTITION

— *Séance du 19 août 1885* —

J'ai examiné depuis sept ans avec le plus grand soin, et au point de vue de la dentition, tous les jeunes enfants auprès desquels j'étais appelé; et j'ai pu m'assurer que, contre l'opinion générale, les dents ne sont pour rien dans ce que l'on a coutume d'appeler les accidents de la dentition.

Les auteurs divisent les maladies de dentition en maladies locales et en maladies générales.

1. *Maladies locales.* — Elles seraient dues à l'irritation directe de la dent nouvelle et consisteraient en inflammations diverses : ulcérations pseudo-membraneuses, aphtes, gonflement douloureux des gencives, etc. On connaît aujourd'hui la nature des affections pseudo-membraneuses. Les aphtes, ainsi que j'ai pu m'en assurer, reconnaissent également une cause générale.

Quant au gonflement de la gencive, il n'est ni inflammatoire, ni douloureux, et la preuve c'est que les enfants mordent avec plaisir tout ce qui leur tombe sous la main.

Je n'ai vu qu'une fois une gencive douloureuse, mais la dent était percée depuis longtemps; la gencive était, je ne sais pourquoi, rouge et décollée; l'enfant pleurait lorsqu'on mettait le doigt sur le point malade.

2. *Maladies générales.* — La plupart des maladies ont été mises sur le compte de la dentition. Pour faire une étude complète sur ce sujet, il faudrait passer en revue toute la pathologie des premières années de la vie. Je me contenterai d'examiner les maladies que l'on attribue le plus souvent à la dentition.

I. *Diarrhée.* — Il est très difficile, en étudiant nos auteurs français, de se faire une idée nette de la diarrhée des enfants. La mauvaise nourriture et les dents sont les principales causes invoquées. Il y a pourtant deux

espèces bien distinctes de diarrhée chez les enfants : la diarrhée de l'athrepsie et la diarrhée épidémique, ce que les Anglais appellent diarrhée d'été.

C'est cette diarrhée épidémique — qui peut se développer toute l'année, mais qui sévit bien plus dans la saison chaude — que l'on attribue le plus souvent aux dents. « Lorsqu'il pousse des dents aux enfants, disent les parents, ça leur change le corps. » Mais si vous faites attention, vous verrez que le corps des petits voisins, qu'ils fassent des dents ou non, est également changé.

II. *Toux*. — Beaucoup de médecins rangent la toux parmi les accidents de dentition. Or, deux maladies produisent principalement la toux chez les enfants : la pneumonie, maladie épidémique, quelquefois difficile à diagnostiquer, et la bronchite. Or, la bronchite, qu'on l'attribue à telle ou telle cause, est bien plus épidémique encore que la pneumonie. Lorsqu'il y a un rhume dans un pays, il y en a beaucoup. Et, cependant, chaque fois qu'un enfant tousse, les parents commencent par dire : « Ce sont les dents. » Mais si vous cherchez dans la maison, vous trouverez presque toujours un enrhumé; et si vous dites à la mère : « Mais vous toussez aussi, ce sont probablement les dents, » elle ne sera pas davantage persuadée.

III. *Feux de dents*. — On appelle feux de dents des éruptions cutanées, siégeant à la face, aux paupières ou sur le crâne. Ces éruptions sont, ou bien des croûtes d'impetigo, ou bien des vésicules non développées de la même affection. Et comme l'impetigo — ainsi que je l'ai montré à Blois l'an dernier — est une manifestation d'une maladie épidémique (la pseudo-scrofule) (1), on pourra se donner la satisfaction de chercher dans l'entourage de l'enfant celui qui l'a contagionné.

IV. *Fièvre*. — La fièvre de dentition, tel est encore un des accidents décrits par les auteurs. Or, un enfant a la fièvre pour bien des raisons, et il est vraiment trop facile de dire : « Ce sont les dents. » Quand un enfant a la fièvre, il faut en rechercher la cause, examiner tous les organes, examiner à plusieurs reprises, tenir compte des plus légers symptômes, prendre la courbe de la température, etc., si l'on veut arriver à découvrir cette cause.

Un certain nombre de maladies peuvent passer inaperçues chez les jeunes enfants. J'ai déjà parlé de la pneumonie : les enfants ne crachent pas, certains même ne toussent pas ; il faut quelquefois deviner la maladie à un léger mouvement des ailes du nez, au type expirateur de la respiration, et si, guidé par ces symptômes, on ausculte le petit malade, il peut arriver que pendant plusieurs jours on ne trouve aucun bruit morbide. — Des

(1) La *Pseudo-scrofule*, par le docteur Edmond Chaumier, *Gazette médicale* de Paris, 1885, numéros 32, 33, 41, 43.

maladies plus fréquentes encore que la pneumonie et qui peuvent être facilement méconnues, ce sont les angines.

Sans parler de l'angine diphthéritique, il y a deux sortes d'angines également épidémiques, c'est-à-dire que l'on rencontre en même temps, sur un certain nombre de sujets, l'angine dite érythémateuse, ou angine simple, et une autre, qui a été confondue jusqu'ici par presque tous les auteurs avec cette dernière, et que vous me permettrez d'appeler « fièvre amygdalienne », parce que l'état fébrile domine les autres symptômes. La maladie débute, comme la pneumonie, par une fièvre vive, souvent des vomissements, et l'on peut être dérouté par cet état général, grave en apparence, ne pas voir qu'il y a une légère injection des amygdales, avec ou sans sécrétion blanche, et surtout ne pas sentir, derrière la branche montante du maxillaire, l'amygdale immobile augmentée de volume.

Il est donc bon de toujours examiner la gorge d'un enfant qui a la fièvre.

En dehors de ces maladies, on rencontre également, chez l'enfant, mais pas plus fréquemment que chez l'adulte, ces affections indéterminées que l'on nomme embarras gastrique, fièvre synoque, fièvre éphémère, et qui sont vraisemblablement des formes atténuées de différentes maladies.

V. *Convulsions.* — Aussi souvent que les maladies dont j'ai déjà parlé, les convulsions sont attribuées à la dentition. Le chapitre des convulsions n'est pas un des plus clairs de la médecine infantile. Cependant, l'on sait qu'elles se développent dans les maladies des centres nerveux, aiguës ou chroniques, dans l'épilepsie, l'hystérie; que chez les nerveux héréditaires, la plupart des maladies fébriles peuvent leur donner naissance.

Et puis, il ne faut pas croire que les convulsions sont aussi fréquentes qu'on le dit; souvent les parents, qui s'effrayent facilement, prennent pour des convulsions de simples mouvements de l'enfant.

Dans la médecine des enfants, comme dans la médecine générale, il faut voir avant de croire. C'est pourquoi, lorsque la mère dit : « A chaque dent mon enfant a la diarrhée », ou bien : « il tousse », ne la croyez pas sur parole, examinez, demandez-lui combien de fois l'enfant a eu ainsi la diarrhée ou la toux, combien il a de dents, quatre-vingts fois sur cent elle ne saura vous répondre.

M. H. MABILLE

Directeur, Médecin en chef de l'asile de Lafond, à la Rochelle

---

NOTE SUR LES HÉMORRAGIES CUTANÉES PAR AUTO-SUGGESTION DANS LE SOMNAMBULISME PROVOQUÉ

— *Séance du 19 août 1885* —

D'une note inédite concernant l'*auto-suggestion dans le somnambulisme provoqué*, j'extrais ce qui suit, en ne retenant des phénomènes constatés que ce qui a trait aux hémorragies de la peau et en résumant brièvement les faits qui ont permis de les observer.

Le 5 août 1885, à une visite, vers huit heures et quart du matin. en présence de M. le Dr Ramadier, médecin-adjoint de l'asile de Lafond, et de M. Chauvelot, interne du service, je plonge V... dans le somnambulisme et, désireux de combattre les insomnies du malade, je lui dis :

« Ce soir, à huit heures, vous direz au gardien Ernest : Ernest, venez donc me coucher, j'ai besoin de dormir. Puis vous irez vous coucher et vous dormirez jusqu'à cinq heures du matin. Pendant votre sommeil, vous *n'entendrez rien*, vous *ne verrez rien*, vous *ne sentirez rien*. Vous m'entendez, V...?

— Oui, monsieur. »

A sept heures cinquante-sept environ, V..., qui se promène dans la cour, reste le regard fixe, a quelques légères convulsions de la face, ainsi qu'il arrive chez lui, lorsque le terme de la suggestion approche. Puis, il tombe dans le sommeil, ou plutôt dans cet *état intermédiaire* décrit par M. Dumontpallier. Son hyperesthésie gauche a disparu.

Il répète à son gardien les paroles citées plus haut, se dirige vers son lit, se déshabille brusquement, et à huit heures précises dort d'un profond sommeil.

A partir de ce moment, *sans qu'il me soit possible de le réveiller* (car il ne voit rien, n'entend rien, ne sent rien, et la *pression des zones hystérogènes reste inefficace*), son sommeil est interrompu par une série de phénomènes singuliers dont je ne veux retenir pour aujourd'hui que les suivants :

V. . presse sur ses orbites avec ses doigts, puis ouvre ses paupières largement, et enfin frotte légèrement sur son vertex. Puis nous entendons *de la bouche* de V... le dialogue suivant :

D. — V..., m'entendez-vous?

R. — Oui, monsieur.

D. — Donnez-moi votre bras.

R. — Oui, monsieur.

D. — V..., un quart d'heure après votre réveil, il y aura un V sur votre bras, à la place que je marque (il désigne lui-même l'endroit sur son bras), et ça saignera; vous entendez, je veux que ça saigne?

R. — Oui, monsieur.

D. — Comptez jusqu'à dix et réveillez-vous à sept.

V... compte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, semble sortir de son sommeil, puis achève de compter 8, 9, 10, et s'arrête.

Le sommeil se manifeste ensuite par des ronflements sonores.

Puis, environ un quart d'heure après ce dialogue, V... est pris de la crise que nous avons l'habitude d'observer chez lui lorsque les stigmates lui ont été suggérés.

A la fin de cette crise nous examinons son bras et nous voyons un V, et ce V est couvert de sang.

Cette effusion sanguine s'est produite au lieu et place d'un V suggéré par moi le 3 août en présence de MM. les Drs Barth et Delarue, de la Rochelle. (Méthode de MM. Bourru et Burot.)

Les mêmes phénomènes se sont reproduits à *deux reprises*, dans la même nuit, au *même endroit* et par le *même mécanisme*.

V... s'est réveillé exactement à cinq heures précises du matin, sans savoir qu'il avait dormi, et avec la conviction qu'il sortait de cueillir des fleurs dans le jardin de l'asile.

Il s'agit donc, dans ce cas, d'une hémorragie qui s'est produite durant le somnambulisme provoqué sans aucun intermédiaire et au lieu et place de stigmates anciens, par ce que je crois pouvoir appeler *auto-suggestion*. Et cette auto-suggestion (aussi bien d'ailleurs que tous les phénomènes que j'ai pu observer dans la nuit du 5 au 6 août, en présence de M. le Dr Ramadier et de M. Chauvelot) a été d'origine *corticale*, puisque le point de départ des impressions périphériques était supprimé. Elle a été comme le *réveil* et l'*extériorisation* de sensations antérieurement emmagasinées.

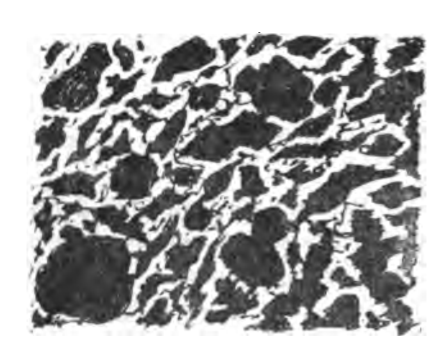
M. E. de FROMENTEL

A Gray.

OBSERVATION D'UN NOUVEAU CAS DE CHROMIDROSE CAUSES, TRAITEMENT, GUÉRISON

— *Séance du 20 août 1885* —

La chromidrose est une affection très rare et dont la première observation paraît remonter à 1709. On ne connaît guère depuis cette époque qu'une trentaine de cas plus ou moins bien observés, et ce n'est que depuis peu d'années qu'il en a été donné une description à peu près complète. Je ne saurais mieux faire, en ce qui concerne l'historique, la description et le traitement de cette singulière maladie, que de renvoyer à l'article CHROMHYDROSE du *Nouveau Dictionnaire de Médecine et de Chirurgie pratiques* (Dr Jaccoud, directeur de la rédaction), signé A. Hardy.



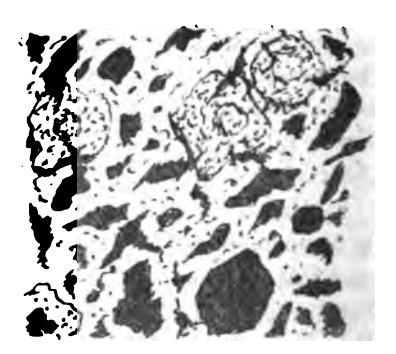


Fig. 85 et 86. — Examen microscopique de la matière noire de la chromidrose, fait le 19 juin 1885. La couleur noire a été humectée avec de l'huile d'olive et enlevée à l'aide d'une lame mince et déposée sur une glace. Grossissement : 250 diamètres.
85, Paupière inférieure. 86, Pli de l'aisselle.

La chromidrose est une maladie constituée par la présence de taches noires, ardoisées, semblables à un lavis d'encre de Chine, sur certaines parties du corps, et plus spécialement sur les endroits où la peau est fine et la sueur facile et abondante : telles sont les paupières supérieure et inférieure, la ligne qui sépare les seins, les aisselles, les plis de l'aine, etc.

Ces taches sont formées d'une substance noire, à tons dégradés et qui s'enlève facilement lorsqu'on frotte la peau qui en est couverte avec un linge mouillé d'huile ou d'un autre corps gras. La peau ainsi essuyée reparaît avec sa teinte normale, mais bientôt, souvent après quelques mi-

nutes, la teinte noire reparaît sous forme de sueur colorée sans qu'on puisse découvrir la moindre lésion, la moindre modification de l'épiderme.

C'est parce que cette affection se présente sous forme de sueur et dans les parties du corps où la sueur est le plus fréquente, que j'ai cru devoir conserver l'orthographe du mot *chromidrose,* qui a déjà été accepté par d'autres auteurs (Littré et Robin).

Observation. — La personne atteinte de chromidrose que j'ai été appelé à soigner est une jeune fille nommée Berthe M...

Elle est âgée de seize ans et demi, grande, bien développée, plutôt maigre que grasse. Elle a les cheveux châtain foncé, très abondants, les sourcils forts, épais, plus foncés que la chevelure. Les yeux sont bien ouverts et bruns, les traits bien accentués, les lèvres et la muqueuse des paupières suffisamment rouges, mais le teint de la figure est d'un blanc mat, à peine rosé près des pommettes.

Le caractère de Berthe est porté à la mélancolie, elle est sérieuse, rit rarement. Elle a été réglée pour la première fois au mois d'août 1883 ; elle avait donc 14 ans; depuis, les époques sont venues régulièrement et elle n'a jamais été malade. Son intelligence est très développée, elle a été reçue avec éloge à son premier brevet et elle vient de remporter presque tous les prix de l'enseignement supérieur.

Le 24 mars de cette année (1885), à la suite d'une coupable méchanceté d'une de ses camarades d'étude, Berthe devint sombre, taciturne. Elle se plaignait de maux d'estomac et de tête; son appétit diminua de jour en jour, et le 16 avril elle fut prise, à neuf heures du soir, d'un violent accès de délire pendant lequel elle ne reconnut ni ses parents ni son médecin ordinaire. Elle avait les yeux largement ouverts, et pourtant elle ne fit que divaguer toute la nuit au sujet de l'émotion qu'elle avait ressentie. — Son médecin ne constata aucune fièvre; le front était à la température ordinaire, mais le reste de la figure, à partir des yeux, était rouge et brûlant. On lui fit prendre du sirop d'éther et de l'eau sucrée additionnée d'eau de fleur d'oranger. A cinq heures du matin Berthe était plus calme, mais il lui restait un tremblement général qui a duré jusqu'a onze heures le lendemain; ce même jour, elle a commencé à ressentir une douleur assez vive à la partie droite de la tête, et cette douleur persista jusqu'au jour où je fus appelé à la soigner.

Dans la nuit du 17 au 18 avril les hallucinations ont reparu, et le 19, pour la première fois, les yeux se sont cerclés d'une teinte noire très prononcée. On lui fit prendre du bromure de potassium à la dose d'un gramme dans les vingt-quatre heures, et ce traitement a été continué jusqu'au 22 avril sans résultat. La malade restait toujours sans appétit et sans sommeil, portant des taches noires qui lui barraient la figure, et cet état s'est continué jusqu'au 8 mai, jour où Berthe me fut présentée.

La malade avait à cette époque un grand cercle noir qui enveloppait chaque œil. La teinte était moins prononcée sur les paupières supérieures, mais sur les inférieures, elle était intense, s'étendant en bas jusque sur les pommettes et latéralement envahissait la racine du nez. — Je lui fis prendre du bromure de potassium à la dose de 3 et 4 grammes par jour, et en même temps je fis appliquer sur les paupières inférieures une couche de teinture d'iode dédou-

blée recouvrant toute l'étendue des taches. Après trois jours de ce traitement, la peau commença à s'éclaircir : la teinte des paupières supérieures (qui n'étaient pas touchées par l'iode) s'effaça peu à peu et le noir de la chromidrose fut bientôt remplacé par la teinte jaune des plaques épidermiques résultant de la cautérisation par l'iode. Ces pellicules épaisses se détachèrent bientôt et la peau apparut teinte d'un rose vif, mais sans trace de noir. Sur les parties latérales de la racine du nez, on remarquait encore deux taches fortement teintées qui furent aussi soumises à l'action de l'iode.

Le 15 mai, toutes les pellicules causées par l'iode étaient tombées et la peau, débarrassée de la teinte noire chromidrosique, apparaissait rose ou rouge, suivant l'action de la teinture. J'ordonnai des applications de glycérine et d'amidon répétées quatre fois par jour, et la peau ayant bientôt repris sa couleur naturelle, je considérai ma cliente comme guérie.

Tout alla bien, en effet, jusqu'au 20 mai ; aucune tache n'avait reparu, mais dans l'après-midi de ce même jour Berthe fut de nouveau sous le coup d'une vive émotion occasionnée par la grossièreté publique d'un professeur, et le 21, le lendemain, les yeux furent de nouveau cerclés de noir et les taches s'étendirent les jours suivants sur le front, sous les aisselles, sur la poitrine, au-dessus et entre les seins, où elles prirent la forme d'un T, et enfin, un peu plus tard, elles se montrèrent au pli des aines.

Le 25, on recommença le traitement qui avait d'abord réussi (bromure et teinture d'iode appliquée sur les taches). L'appétit et le sommeil étaient devenus bons et le mal de tête avait à peu près disparu ; enfin, le 31, la figure avait repris sa teinte naturelle.

Mais ce mieux ne fut pas de longue durée. Le 2 juin les taches de la figure et des autres parties du corps, qui s'étaient presque effacées, reparurent avec une grande intensité. La sueur noire avait un goût sucré très prononcé et elle revenait avec une telle abondance et une telle rapidité, qu'elle laissait sur le linge de véritables taches d'encre de Chine et qu'il ne fallait que quelques minutes pour voir reparaître les taches essuyées.

Voyant que le traitement local n'avait donné qu'un résultat momentané ; que, d'un autre côté, la maladie, qui avait paru à la suite d'une émotion grave, s'était montrée de nouveau sous l'influence d'un nouvel ébranlement nerveux, je résolus de substituer au traitement local des moyens généraux.

J'ordonnai une solution d'iodure de potassium dans du sirop d'écorces d'oranges amères, à la dose de 1 gramme, puis 2 grammes par jour. En même temps, la malade prit chaque jour un bain d'une heure et demie, avec 250 grammes de soude du commerce. Ce traitement, rigoureusement suivi, fut commencé le 19 juin.

Le 22, les taches paraissent moins foncées ; la tête n'est plus douloureuse et l'appétit est devenu bon, ainsi que le sommeil.

Le 23, les taches de la figure essuyées ne reparaissent plus ; la teinte noire des autres parties du corps s'efface rapidement, et le 25 (c'est-à-dire le sixième jour du traitement), il ne reste aucune trace de chromidrose.—La potion iodurée est continuée, ainsi que les bains, jusqu'au 2 juillet ; mais à partir de ce jour, la dose d'iodure est progressivement diminuée et les bains ne sont pris que trois fois, puis deux fois par semaine.

Le 12 juillet tout traitement est arrêté, et depuis le 25 juin jusqu'à ces derniers jours, 12 août, la peau a conservé sa teinte naturelle sans trace de la maladie.

De cette observation, je pense qu'on est en droit de conclure :

1° Que la chromidrose est une affection nosologique du système encéphalique dont le point de départ est un état psychique plus ou moins prononcé ;

2° Que l'emploi des agents modificateurs locaux n'a qu'une action momentanée ou nulle ;

3° Qu'enfin la médication par les moyens généraux est peut-être la seule qui ait action complète contre cette étrange maladie (1).

M. le Docteur BESSETTE

A Angoulême.

GANGRÈNE ALCOOLO-DIABÉTIQUE GUÉRIE PAR LE THERMO-CAUTÈRE

— *Séance du 20 août 1885* —

Le malade dont j'ai rapporté l'observation au Congrès de Blois était en bonne santé au commencement de 1884. Mais à la fin d'octobre de la même année, la gangrène atteignit le pied droit, resté indemne jusqu'alors. Le malade ayant absolument refusé l'emploi du thermo-cautère, M. le docteur Mercier-Vallenton fit le 18 décembre des cautérisations avec le fer rougi au feu. A ce moment la gangrène avait détruit le 1er et le 5e orteils, le 4e commençait à être envahi. On couvrit de traînées de feu la surface plantaire et dorsale jusqu'à la partie médiane.

Le 25, l'épiderme était enlevé, laissant à découvert une surface noirâtre ; la gangrène avait envahi tous les orteils et s'étendait jusqu'à la partie moyenne du métatarse.

Le 18 janvier, application du thermo-cautère enfin accepté par le malade. Il est enfoncé profondément dans les intervalles métatarsiens ; des lignes de pointes de feu entourent la partie gangrenée et sont prolongées jusqu'à l'articulation métatarsienne, limite que la gangrène atteint, mais ne franchit pas.

Le 28 fevrier, la gangrène est tout à fait limitée ; tout le pied a été envahi et ne forme plus jusqu'à l'articulation médio-tarsienne qu'une

(1) Au moment de la publication de cette observation, la santé de Berthe M... est parfaite et aucun symptôme de chromidrose n'a reparu.

(Note de l'auteur.)

masse spongieuse, qui est enlevée par MM. les Drs Amyaud et Mercier-Vallenton.

Je vis le malade le 31 mars. Le pied gauche, qui avait subi jadis l'amputation de Chopart, n'était pas douloureux, mais était encore le siège d'une légère suppuration dans les deux points signalés à la fin de l'observation de l'année dernière.

Le membre droit, très amaigri, était terminé par le calcanéum et l'astragale recouverts de bourgeons charnus de bonne nature, mais sans un vestige de peau; les malléoles elles-mêmes étaient dénudées.

Je proposai l'amputation de la jambe, qui fut acceptée, et je la pratiquai, le 9 avril 1885, avec l'aide de mes confrères, MM. Mercier-Vallenton et Amyaud. Tout se passa bien jusqu'à la ligature des artères. A ce moment on s'aperçut qu'elles étaient entièrement ossifiées et qu'elles se détachaient presque en morceaux sous la pression de la ligature. On dut avoir recours à des ligatures plates modérément serrées, et pour éviter les hémorrhagies, on exerça une compression directe, sur le centre du moignon, au moyen de bourdonnets de charpie.

Pansement antiseptique. Régime tonique et reconstituant. Tout marcha à souhait, et le 23 avril tombait la dernière ligature. Aujourd'hui (10 août 1885), le malade renaît à la vie, et sous peu, avec pied bot, jambe de bois et canne, il pourra se promener et vaquer à ses affaires.

Ainsi, nous avons vu l'an dernier le thermo-cautère arrêter une gangrène alcoolo-diabétique; aujourd'hui nous voyons le cautère actuel impuissant à enrayer une gangrène athéromateuse et celle-ci s'arrêter devant une application bien faite et profonde du thermo-cautère; la vitalité des tissus ne reparaît que sous l'action de ce puissant modificateur.

Pour mes deux confrères et moi, en présence d'un pareil cas, notre conduite sera dorénavant toute tracée; nous n'emploierons jamais que le thermo-cautère, ce sera pour le malade à prendre ou à laisser.

Je ne reviendrai pas sur les causes multiples de la gangrène chez notre malade; la plus puissante, assurément, est l'état athéromateux des artères.

M. MONTAZ

A Grenoble.

NOUVEAU PROCÉDÉ DE RÉSECTION DU GENOU

— *Séance du 20 août 1885* —

Depuis le jour où la méthode antiseptique a diminué d'une façon si considérable la mortalité des grandes opérations, la résection du genou, u instant délaissée, est revenue à l'ordre du jour. On ne compte plus, à l'heure qu'il est, le nombre de chirurgiens et surtout de malades préférant cette dernière opération à l'amputation de la cuisse, bien que, dans certains cas, les indications de l'une et de l'autre soient devenues plus tranchées. Aussi, frappé des inconvénients que présentent la plupart des procédés de résection du genou, avons-nous étudié leurs points faibles et cherché dans une nouvelle méthode le moyen de les faire disparaître.

L'idéal qu'on doit poursuivre à la suite de la résection du genou est une ankylose solide et rectiligne. Or, on sait que, pour obtenir ce résultat, il faut non seulement assurer une coaptation exacte des extrémités réséquées, mais conserver toutes les parties molles constituant l'ancienne articulation et restées saines. Si elles ne s'ossifient pas, elles subissent au moins une rétraction post-opératoire, suffisante pour qu'elles servent encore de moyen d'union solide. Aussi, les procédés les plus récents de résection du genou sont-ils essentiellement économiques des parties molles. Le suprême de l'art, dans la résection du genou, comme d'ailleurs dans la plupart des résections, serait de pouvoir enlever les parties malades, os, fongosités, sans sacrifice aucun des autres parties constituantes de l'articulation, tout en se donnant beaucoup de jour.

Cette opération, pratiquée par les procédés les plus récents, ne nous paraît pas avoir atteint ce résultat complètement. Tous consistent, par exemple, dans une section transversale du tendon rotulien, des ligaments latéraux de la rotule, d'une partie plus ou moins complète des ligaments latéraux du genou. Nous savons bien qu'à la fin de chacune de ces opérations, on doit pratiquer la réunion du tendon rotulien; mais le succès de cette réunion n'est pas absolument certain, et son insuccès peut avoir des conséquences désastreuses au point de vue de la statique musculaire de cette articulation.

En effet, si cette réunion n'est pas faite ou vient à manquer, l'articulation

du genou est uniquement sollicitée par les muscles postérieurs de la cuisse, biceps, demi-tendineux, demi-membraneux ; ces derniers muscles n'ont plus d'antagoniste. Dès lors le résultat ultime peut être mauvais, même dans le cas où la réunion osseuse s'effectue.

C'est que, malgré une bonne immobilisation de la jointure, le tibia se trouve, pendant toute la durée des soins consécutifs, tiraillé en haut et en arrière par ces puissants muscles postérieurs de la cuisse et on peut redouter, soit une flexion lente de la jambe sur la cuisse, soit une subluxation du tibia en arrière. Ce résultat devient encore plus mauvais, si la consolidation osseuse vient à manquer ; car la sollicitation de ces mêmes muscles devient encore plus puissante.

On peut objecter à cette manière de voir que le tendon rotulien se réunit habituellement après une suture bien faite. Mais on a eu rarement l'occasion, croyons-nous, de faire des recherches sur d'anciens genoux réséqués. Nous sommes même porté à croire que cette réunion doit manquer quelquefois ; car on ne peut pas comparer une suture tendineuse faite sur des tendons d'une vitalité intacte et entourés de tissus sains à celle qu'on pratique sur un tendon altéré, entouré de tissus malades, s'il s'agit d'une ostéo-arthrite fongueuse, plus ou moins dilacéré, s'il s'agit d'une résection traumatique.

Là se trouve peut-être l'explication de cette flexion de la jambe, avec abduction et rotation en dehors, qui se produit quelquefois à la suite de la résection du genou et qui étonne vraiment, quand on songe à la prédominance d'action physiologique du triceps sur les fléchisseurs.

On sait d'ailleurs que cette attitude vicieuse de la jambe peut se produire même avec une ankylose osseuse. Ainsi que le fait remarquer Farabeuf, si l'ankylose n'a pas été établie parfaitement rectiligne, si un léger degré de flexion a été toléré, cela suffit pour donner prise à l'action ultérieure et incessante des muscles fléchisseurs. Compressive du bord postérieur des cartilages d'accroissement, lorsque chez les enfants ces derniers ont été conservés, dépressive de leur bord antérieur, cette action fait marcher la production osseuse plus vite en avant qu'en arrière et couder le genou.

Etant donné ces inconvénients si graves de l'action non contre-balancée des muscles fléchisseurs, pourquoi ne pas chercher un procédé de résection du genou facile, permettant d'épargner complétement le tendon rotulien et la plupart des ligaments de l'articulation? D'ailleurs, dans la résection du coude, tous les procédés, sauf celui de Moreau, entièrement abandonné, ne consistent-ils pas à éviter la section transversale du tendon du triceps brachial? Et cependant l'opération en serait bien simplifiée.

C'est que le triceps brachial joue, par rapport à l'avant-bras, le même rôle que le triceps fémoral par rapport à la jambe. On est toujours plus

sûr de laisser intacte la fonction d'un muscle, en épargnant son tendon, qu'en le suturant après l'avoir sectionné. Pourquoi donc ne pas appliquer au genou, qui a tant besoin de solidité après la résection, le principe économique qui a été appliqué au coude ?

Si, à ces considérations précédentes, on ajoute celle-ci que la plus large surface d'attaque pour le genou est évidemment la face interne, tournée d'ailleurs autant en avant que la face antérieure elle-même, à cause de la rotation externe que subit le membre inférieur à l'état normal, on verra que les procédés d'incision interne présentent de réels avantages : conservation du tendon rotulien, conservation du ligament latéral externe, des ligaments latéraux externes de la rotule, des ligaments postérieurs. Seuls les ligaments croisés et le ligament latéral interne sont sacrifiés ; et encore les fibres les plus postérieures de ce dernier ligament peuvent être épargnées.

Notre procédé de résection du genou consiste donc en des incisions internes, quitte à pratiquer une petite incision externe et postérieure servant uniquement au passage des drains. Nous savons bien que les procédés à incision interne ne sont pas nouveaux, témoin le procédé de Langenbeck à incision antéro-interne sinueuse, appliqué huit fois pendant la guerre franco-allemande de 1870-71, et le procédé d'Esmarch à incision curviligne interne. Mais ces procédés ont le tort de consister en une incision unique, droite, courbe ou sinueuse et, lorsqu'il s'agit d'une articulation aussi large que celle du genou, il est bien difficile, à l'aide d'une incision unique, de faire une résection irréprochable, si surtout l'articulation est altérée et si les tissus sont privés de leurs moyens de glissement.

En somme, les procédés habituels de résection du genou se divisent en deux grandes classes: procédés à incision unique, ordinairement interne, tels que ceux de Langenbeck, d'Esmarch, de Mackensie, d'Erichsen ; procédés à incisions multiples, tels que ceux de Volkmann, de Syme, de Park, de Moreau, de Fergusson, d'Ollier. On peut leur faire à tous un grave reproche: aux procédés à incision unique, celui de ne pas donner de jour; aux procédés à incisions multiples, celui de sacrifier le tendon rotulien et de s'exposer à cette flexion de la jambe, si grave au point de vue orthopédique.

C'est à la suite de toutes ces considérations que nous avons été conduit à essayer et à pratiquer régulièrement la résection du genou par les incisions internes ; il nous à suffi de transporter à la face interne du genou les incisions antérieures en H de Moreau et de Fergusson. Voici la description de ce procédé opératoire, que nous avons appliqué avec la plus grande facilité.

Manuel opératoire. — La jambe étant placée dans la rectitude et dans la

rotation externe, on commence par faire une incision longitudinale, parallèle à l'axe du membre et longeant le côté interne de la rotule. Cette incision doit avoir dix centimètres et passe, à sa partie moyenne, sur l'interligne fémoro-tibial. On fait ensuite une deuxième incision, parallèle à celle-ci, mais un peu moins longue qu'elle, située à la partie la plus postérieure de la face interne du genou, c'est-à-dire sus-jacente au muscle couturier, incision dont le milieu correspond également à l'interligne articulaire. Ces incisions sont ensuite réunies par une incision transversale longeant l'interligne.

Elles doivent intéresser la peau et le tissu cellulo-graisseux sous-cutané. On mobilise les deux volets supérieur et inférieur résultant de ces incisions et on les renverse en haut et en bas. Si la veine saphène interne apparaît dans le champ opératoire, il est bon de la récliner en arrière. A ce moment, on ouvre la capsule articulaire à l'aide d'une incision transversale partant du bord interne du tendon rotulien et se dirigeant en dedans; cette incision doit s'arrêter contre les fibres les plus postérieures du ligament latéral interne.

Cela fait, il faut attaquer immédiatement les ligaments croisés, afin de faire bâiller complètement l'articulation, ce qui facilite beaucoup les manœuvres. Pour cela, il suffit de donner sur le tibia deux coups de rugine, l'un en avant, l'autre en arrière de l'épine de cet os ; dès lors, le tibia et le fémur s'écartent sensiblement. On luxe la rotule en dehors, en même temps qu'on fléchit la jambe sur la cuisse. Il est bon, tout en fléchissant la jambe, de la porter en abduction, ce qui permet un écartement plus considérable des os à la partie interne. A ce moment, le reste du ligament latéral interne peut apporter une certaine gêne; il est bon de le sectionner, si on ne peut faire autrement.

La rugine commence alors son œuvre; elle dénude de son périoste une partie plus ou moins grande de l'épiphyse fémorale. Lorsque cette dénudation est achevée, on place une compresse sur les parties molles pour les attirer en arrière, en même temps qu'on fait saillir le fémur en avant; on résèque ensuite à la scie une épaisseur variable de fémur, en maintenant un des condyles avec le davier.

Comme dans tous les procédés possibles de résection, il faut bien se garder de toucher au ligament postérieur de l'articulation, qui est comme une cuirasse mince protégeant les vaisseaux et nerfs poplités.

On passe ensuite à la dénudation de l'épiphyse tibiale, sans s'occuper des ménisques inter-articulaires, qui seront emportés avec le plateau tibial. Lorsque la dénudation du tibia est suffisante, on résèque l'épaisseur jugée nécessaire. On passe ensuite à la rotule : si elle est très altérée, on en pratique la décortication avec la rugine ; si elle est peu altérée, on se contente de l'abraser ou d'en scier une tranche sur sa face postérieure.

La cavité articulaire est ensuite nettoyée avec la curette de Volkmann ou le thermo-cautère. Une petite incision de décharge pour le passage des drains est pratiquée sur la face externe du genou, immédiatement en avant du biceps. Les os sont rapprochés et réunis par une suture osseuse ; un gros drain transversal est placé sur le ligament postérieur de l'articulation ; il sort en dedans par l'incision verticale la plus postérieure et en dehors par l'incision de décharge. Plusieurs autres drains borgnes peuvent être placés transversalement, soit dans le grand cul-de-sac du triceps, soit au-dessous du tendon rotulien. La rotule est remise en place. Les incisions cutanées sont réunies à l'aide de quelques points de suture. On supprime la bande d'Esmarch ; on applique un pansement antiseptique ; le membre est immobilisé dans la rectitude à l'aide d'une gouttière plâtrée.

Il va sans dire que pendant l'opération on a pris toutes les précautions antiseptiques d'usage : nettoyage avec les éponges purifiées, lavage avec le chlorure de zinc ou la solution phéniquée forte, spray, etc. L'opération est dès lors terminée.

Ainsi qu'on le voit, ce procédé présente le grand avantage de conserver à peu près toutes les parties fibreuses constituantes de l'articulation et surtout le tendon rotulien. Outre cet avantage, que présentent d'ailleurs tous les procédés à incision unique, y compris l'incision médiane antérieure d'Ollier, il donne beaucoup plus de jour que tous ces derniers procédés, dont le défaut capital est précisément l'incision unique ; et il permet, surtout lorsqu'on l'applique à des ostéo-arthrites fongueuses ou tuberculeuses, de poursuivre dans tous les recoins, avec la plus grande facilité, tous les tissus malades.

M. DOUMENJOU

Avocat à Foix.

INFLUENCE DES BOIS SUR L'ATMOSPHÈRE

— Séance du 17 août 1885 —

Les arbres ont la propriété d'attirer les vapeurs aqueuses de l'atmosphère. Il ne pleut pas, il n'existe pas de sources dans les pays dénudés ; il pleut, au contraire, suivant la proportion du peuplement des terres, dans les pays boisés.

Cette vérité est admise par la science. I en résulte que le génie de l'homme peut combattre la nature et la soumettre. Par un boisement distribué avec art il peut rendre habitables les sables de l'Afrique, par un déboisement général il peut dessécher les pays noyés par les pluies, les brouillards et les eaux des fleuves débordés.

Cette thèse résulte de nos études en Algérie, à l'occasion du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences.

Elle est exposée dans notre livre ayant pour titre : *la Revision du Code forestier, les Reboisements en France et en Algérie*. Baudry, éditeur, Paris, rue des Saints-Pères, 15.

Au temps de la conquête romaine, la province de la vieille Cyrta, aujourd'hui Constantine, était le grenier de Rome ; la partie de la province d'Alger qui s'étend de Médéah à Boghard et Lagouat fournissait à cette puissance le bois nécessaire à la construction de sa flotte. Dans ces solitudes immenses, on trouve encore les débris de vieilles souches, mais pas un arbre, pas une source. Les Arabes ont nommé ces contrées *le bled el ateulh*, pays de la soif.

S'il ne pleut pas dans ces contrées la cause en est au dépeuplement général des terres.

Dans nos courses à travers l'Algérie, nous eûmes la bonne fortune de faire la connaissance, précieuse pour un touriste, d'un fonctionnaire consacrant ses loisirs à l'étude et à la recherche des vestiges de l'art antique, si nombreux dans les contrées qu'il habite. Cet homme de science se préoccupait surtout des moyens pratiques pour arriver à une colonisation sérieuse de l'Algérie.

« Le mal, disait-il, provient de la pénurie des massifs forestiers et de l'absence des grands arbres qui attirent les brouillards. Souvent, quand les perturbations atmosphériques se produisent dans les golfes indiens, de la plage la plus élevée on aperçoit au loin, à travers les mers, les courants chargés de pluies s'éloigner des côtes d'Afrique, sur lesquelles ils ne sont pas attirés par l'électricité des arbres absents, et allant répandre leur humidité bienfaisante sur les hauteurs alpestres de la France. »

Cette constatation, dont les effets sont à l'état de croyance générale en Algérie, justifient notre thèse.

En France, d'après les statistiques forestières, la surface boisée est de 9,328,310 hectares, représentant les dix-huit centièmes de sa superficie. La proportion est la même en Suisse, où l'État est si rigoureux dans les moyens de conservation de ses richesses forestières. Les premiers temps de la monarchie trouvèrent la Gaule couverte de 40,000,000 d'hectares en bois. Les glaciers des temps antéhistoriques avaient disparu ; mais les terres étaient noyées par les pluies et les lacs, le sol était embarrassé de plantes arborescentes. Il existait, entre la température actuelle et celle de cette

époque, une différence moyenne de cinq à six degrés. On ne cultivait pas ces vins généreux qui font le génie de la France. Quelques vignes existaient seulement sur les bords de la Méditerranée. *Fumea Massiliæ vino potes*, à Marseille on boit du vin, disait le poète Martial. Les dangers atmosphériques étaient tels, que les capitulaires de Louis le Débonnaire interdisaient les boisements.

Aujourd'hui l'état forestier est suffisant pour permettre de pourvoir aux nécessités de la vie, à la conservation des sources, à la consolidation des terrains en montagne, pour régulariser l'ordre des saisons, pour favoriser la maturité des produits du sol, même des fruits exotiques devenus indigènes.

Le climat de la France est donc en harmonie avec son état forestier. Il faut maintenir la situation actuelle, rester dans ce milieu. Un changement trop brusque et trop étendu serait de nature à compromettre l'ordre atmosphérique.

Sauf les accidents passagers, la France sera toujours la nation riche et prospère par la fertilité du sol, la culture de la terre et la variété de ses produits.

M. DUPONCHEL

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, à Montpellier.

LE SULFURE DE « CHARRÉE » ET SON EMPLOI CONTRE LES MALADIES PARASITAIRES EN GÉNÉRAL ET PLUS PARTICULIÈREMENT CELLES DE LA VIGNE

— *Séance du 19 août 1885* —

Le soufre, pur ou à divers états de combinaison, possède des propriétés antiparasitaires qui le font employer avec avantage au traitement d'un grand nombre d'affections attaquant non seulement l'homme et les animaux, mais les espèces végétales.

Le soufre pur, étant solide et insoluble, à quelque état de division qu'il soit employé, trituré ou sublimé, ne peut avoir qu'une efficacité très restreinte, limitée à son action de contact. Il a toutefois la propriété d'émettre à l'air libre, quand la température atmosphérique est assez élevée, une faible quantité de vapeur, qui peut en certains cas agir à distance, comme dans le traitement de l'oïdium, parasite extérieur de la vigne.

Dans les conditions les plus ordinaires, le soufre n'a d'action utile que s'il est employé à l'état de combinaison soluble, pouvant entrer dans le courant de circulation des liquides nourriciers de l'individu, animal ou végétal. C'est à cet état qu'on utilise en médecine les eaux minérales naturelles, qui doivent leurs propriétés à une très minime quantité de soufre à l'état de sulfites ou de sulfures, dont la base est tantôt la soude, tantôt la chaux, ce qui les fait diviser en deux grandes classes d'eaux sodiques ou calciques.

Mais les eaux minérales naturelles pourraient être difficilement employées en dehors de leur lieu d'origine. Outre qu'elles se décomposent rapidement à l'air libre, les frais de transport les rendraient beaucoup trop coûteuses, du moins pour l'usage des bains. On y supplée habituellement, dans la pratique, par des eaux minérales artificielles, dont le mode de préparation laisse beaucoup à désirer. On utilise, en effet, le plus souvent pour cet usage le polysulfure de potassium, produit essentiellement instable, qui se décompose instantanément au contact de l'air, donnant lieu à un précipité abondant de soufre. On n'obtient par ce procédé qu'un liquide boueux d'un emploi répugnant, impossible à doser; et je crois qu'il n'est pas de médecin qui ne doive considérer comme un progrès le moyen d'obtenir à très peu de frais un liquide de composition bien définie, parfaitement limpide, n'ayant rien de désagréable à la vue et à l'odorat, pouvant par son mélange avec d'autres principes organiques ou minéraux reproduire identiquement, améliorer peut-être les conditions normales des eaux naturelles les plus réputées.

Or, tel est le liquide dont je viens proposer l'emploi. Il peut être obtenu presque sans frais en quantité illimitée, par le lessivage de la charrée de soude. Étudié surtout au point de vue de ses qualités antiparasitaires, contre les maladies de la vigne, il n'en trouvera pas moins, je l'espère, un emploi avantageux dans la pratique médicale.

I

Dans la fabrication de la soude par le procédé Leblanc, on sépare le produit commercial, le carbonate de soude, à l'état de dissolution aqueuse, laissant en place un résidu très abondant, relativement insoluble, qu'on appelle *charrée* ou marc de soude. Ce résidu, sans aucun emploi industriel et par suite absolument sans valeur, est considéré comme un oxy-sulfure de calcium théoriquement insoluble. En fait, il contient, en plus de l'eau dont il reste imprégné, une certaine quantité de charbon pulvérulent en excès, qui seul me paraît pouvoir expliquer les transformations chimiques dont je vais avoir à parler.

Abandonnée, comme elle l'est habituellement, à la dessiccation natu-

relle au contact de l'air, la charrée subit une sorte de fermentation. Elle s'échauffe en absorbant l'oxygène atmosphérique, qui, se portant à la fois sur le carbone libre et sur le soufre engagé, transforme peu à peu la masse entière en un mélange ou une combinaison de carbonate et de sulfate de chaux, définitivement insoluble. Mais si, au lieu de laisser la charrée se dessécher librement, on la prend encore humide et qu'on la lessive au contact de l'air, on obtient comme eau de lessivage une dissolution sulfureuse, présentant tous les caractères de certaines eaux minérales à base de chaux, contenant, comme elles, le soufre à l'état de monosulfure ou de sulfhydrate de sulfure de calcium ; et ce résultat, quand l'opération est bien menée, se continue jusqu'à épuisement complet de la matière sulfureuse contenue dans la charrée.

Un échantillon, pris au hasard parmi les premières eaux sulfureuses que j'ai fabriquées, a donné à M. Engel, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, qui a bien voulu l'analyser, une proportion de 0,69 °/₀ d'hydrogène sulfuré, équivalant à 1,50 °/₀ de monosulfure de calcium, soit 15 grammes de sel par litre d'eau.

Il va sans dire que cette proportion n'a rien de fixe ; qu'on peut l'augmenter ou la diminuer en opérant le lessivage sur une couche de charrée plus ou moins épaisse, et faisant au besoin repasser les eaux sur le filtre.

Le point essentiel est la quantité totale de sulfure soluble qu'on peut retirer de 100 kilogrammes. La théorie indique que ce poids doit être de 40 kilogrammes environ ; et la pratique, autant que j'ai pu m'en rendre compte, m'a donné des résultats de fabrication sensiblement concordante avec cette base d'appréciation.

En admettant que la charrée de soude, aujourd'hui sans valeur, puisse être livrée à pied-d'œuvre, suivant les distances, au prix de 3 à 4 francs les 100 kilogrammes, qui ne sera pas dépassé de longtemps, le prix du kilogramme de substance solide ne dépassera pas 0f,10. Je ne tiens pas compte, il est vrai, dans cette évaluation, des frais de préparation du liquide sulfureux, qui sont des plus minimes, car il suffit de lessiver par filtration la charrée fraîche répandue par couches de 0m, 10 à 0m,20 d'épaisseur sur le fond percé de trous de caisses ou cuviers en bois.

II

Le liquide ainsi préparé est d'une limpidité parfaite ; bien que 20 et 30 fois plus chargé en matière sulfureuse que la moyenne des eaux minérales naturelles, il se conserve aussi bien et mieux que la plupart d'entre elles à l'air libre ou en vase clos. Il ne se trouble jamais au contact de l'air et ne donne lieu qu'à un dégagement très lent d'hydrogène sulfuré. Le

soufre devenu libre, au lieu de se précipiter à l'état boueux, se concentre lentement en une pellicule cristalline qui surnage à la surface, ou tombe au fond du vase, sans jamais altérer la transparence du liquide.

Dans de telles conditions, j'ai lieu d'être surpris que l'attention des médecins ne se soit jamais portée sur ce liquide, dont la nature ne pouvait être entièrement ignorée, et qu'on n'ait pas depuis longtemps songé à l'utiliser, soit pour renforcer les eaux minérales naturelles, soit pour en préparer d'artificielles, dont on pourrait à volonté faire varier les propriétés thérapeutiques, en associant le principe sulfureux à tels autres principes minéraux ou organiques dont l'emploi paraîtrait utile.

J'ai provisoirement donné à ce liquide le nom de *sulfure de charrée*, sans trop pouvoir définir chimiquement la nature du sel qu'il contient. Ce ne peut être du monosulfure de calcium, que l'on nous représente comme étant insoluble ou très peu soluble ; c'est bien plus probablement du sulfhydrate de sulfure de calcium. Quoi qu'il en soit, ce sulfo-sel est indéfiniment soluble. Le liquide provenant du lessivage chargé de 1 ou 2 % et même davantage, peut être à volonté concentré par la chaleur, jusqu'à ce qu'il se prenne en une masse blanche sirupeuse. On pourrait sans doute le préparer et le vendre à cet état comme médicament, sous forme de pastilles ou de capsules. Il sera probablement préférable de l'amener à un point de concentration intermédiaire, celui d'une dissolution bien définie, titrée, à 1/10 de sulfure sec, par exemple. Cette dissolution, convenablement étendue d'eau, pourra être adaptée à tous les usages médicaux externes ou internes. Un ou deux litres dilués dans 300 litres d'eau tiède constituent un bain minéral de force moyenne. Quelques gouttes versées dans un bol de tisane fournissent une boisson sulfureuse ordinaire, d'un goût très net et très franc, analogue à celui des eaux naturelles, ainsi que je m'en suis assuré par ma dégustation personnelle.

La grande stabilité du sulfure de charrée ne saurait nuire en rien à ses propriétés médicales. Rien n'est d'ailleurs plus facile que de faire disparaître cette stabilité. En versant goutte à goutte un acide quelconque, l'acide chlorhydrique, par exemple, dans le liquide, on obtient un précipité de soufre et un dégagement abondant d'hydrogène sulfuré, dont on pourra régler le débit à volonté, de manière à saturer au degré convenu l'atmosphère de chambres d'inhalation analogues à celles qui existent dans plusieurs établissements thermaux.

Soit qu'on veuille l'employer à domicile, soit qu'on trouve plus avantageux d'en centraliser les applications dans des établissements spéciaux, le sulfure de charrée peut donc être adapté à tous les usages de la thérapeutique médicale. Il est bien entendu que personnellement je ne pouvais songer à poursuivre la question sur ce terrain. Je ne pouvais avoir d'autre but que de signaler aux hommes versés dans la science médicale l'existence

d'un produit qui leur est probablement inconnu, et dont j'espère qu'ils sauront apprendre à tirer bon parti.

III

J'ai surtout étudié le sulfure de charrée à un autre point de vue, celui du traitement des maladies parasitaires de la vigne.

Depuis plus de trente ans, la vigne subit les attaques d'une série sans cesse croissante de maladies de ce genre, qui en ont beaucoup compliqué la culture pratique. Quelle est, en fait, la nature du mal? Doit-on considérer chaque parasite comme étant la cause directe d'une maladie spéciale? Doit-on admettre, au contraire, que ces divers parasites sont les manifestations extérieures d'un état de morbidité générale du végétal? Il y a là une question de physiologie qui est loin d'être parfaitement résolue, et sur laquelle je n'ai fort heureusement pas à me prononcer.

Parmi ces affections parasitaires dont on découvre chaque jour quelque variété nouvelle, il en est un grand nombre qui n'ont qu'une action momentanée et n'exercent pas d'influence bien sensible sur la production. Il en est d'autres dont les effets plus durables et plus énergiques, s'ils ne détruisent pas toujours complètement le végétal, lui enlèvent toute valeur productive. Ce sont surtout, par ordre de date de leur apparition, l'oïdium, le phylloxera et le mildew.

L'invasion de l'oïdium remonte à plus de trente ans. Il est caractérisé par une végétation microscopique, une sorte de moisissure externe qui, se propageant de proche en proche sur les organes extérieurs, racornit les feuilles, rabougrit les pampres et dessèche les raisins. La vigne ne meurt pas de l'oïdium, mais sa production est anéantie, et l'on avait déjà arraché les premiers vignobles atteints, lorsqu'on a découvert et surtout démontré l'efficacité pratique du soufrage, qui, appliqué d'une manière convenable, en temps opportun et suffisamment répété, fait disparaître le parasite et rend au végétal sa vigueur normale.

L'invasion du phylloxera est d'origine plus récente. Ses effets sont beaucoup plus désastreux, car en quelques années, parfois en quelques mois, il entraîne la mort complète des ceps. Il est caractérisé par de petits pucerons dont la reproduction paraît embrasser un cycle assez complexe, mais dont la phase nuisible correspond au développement de générations successives qui pullulent sur le chevelu des racines. Bien qu'il paraisse généralement admis que le puceron est en lui-même la cause de la maladie, quelques personnes pensent encore qu'il n'en est que le véhicule, transportant d'une souche à l'autre un principe morbide particulier. Ce qui rendrait jusqu'à un certain point cette explication plausible, c'est le défaut de proportionnabilité entre le nombre des insectes apparents et les effets

qu'on leur attribue. Si parfois les racines malades sont littéralement couvertes d'une gaine d'insectes, dans d'autres circonstances on en trouve à grand peine quelques-uns épars çà et là, en trop petit nombre pour qu'il paraisse possible de leur attribuer tout le mal. Quoi qu'il en soit, la disparition de la maladie coïncide en général avec la destruction de l'insecte. En principe, tous les insecticides peuvent produire ce résultat. En fait, il n'en est qu'un seul : le sulfure de carbone, qui jusqu'ici ait pu être utilement employé dans la pratique. Convenablement employé par injection profonde avec le pal, par dispersion plus superficielle avec des charrues spéciales, le sulfure de carbone peut prévenir l'invasion du phylloxera, parfois même permettre la régénération des vignes qui ne sont pas trop radicalement atteintes. Si ce remède est le seul qui ait fait ses preuves, qu'on puisse recommander en toute certitude, on n'en a pas moins constaté les effets parfois avantageux de quelques autres substances, notamment de divers sulfures. Le polysulfure de potassium a été en particulier plus spécialement essayé et recommandé, soit par simple épandage au pied des souches, soit par insertion dans le corps même du cep, en vue d'obtenir une absorption directe par la sève végétale

Après le phylloxera, à une époque beaucoup plus récente, est survenu le mildew, ou péronospora, parasite végétal comme l'oïdium, mais qui, au lieu d'être simplement extérieur, se développe dans l'intérieur des tissus végétaux. Sous ses atteintes, les feuilles se dessèchent et tombent. Le raisin, privé des sucs nourriciers qu'elles devaient lui fournir, se rabougrit sans pouvoir arriver à une maturation complète. L'action destructive n'est pas aussi entière que celle du phylloxera. La vigne ne meurt pas, mais sa production est restreinte dans une très forte proportion. Tous les cépages ne sont pas également atteints par le mildew. Quelques-uns sont relativement indemnes; d'autres, tels le jacquez, parmi les plants américains, la carignane, dans les plants français, y sont, au contraire, plus particulièrement sujets.

Dans certaines parties de l'Italie, dans la Vénétie, m'a-t-on dit, le mal a été assez grand pour qu'on ait complètement renoncé à la culture de la vigne. L'intensité de la maladie jusqu'à ce jour a été moindre chez nous, mais elle se généralise et il est peu de vignobles qui n'aient plus ou moins à en souffrir. Tandis que dans l'état normal les vignes gardaient autrefois leur feuillage presque intact jusqu'aux premières gelées de novembre, la plupart sont aujourd'hui complètement dépouillées au moment des vendanges, vers le milieu de septembre. Le soufre naturel en poudre est sans aucune action contre le mildew. On a proposé et préconisé beaucoup d'autres remèdes qui n'ont pas beaucoup mieux réussi. Ceux qui paraîtraient avoir eu les meilleurs effets relatifs sont les vapeurs d'acide sulfureux, le badigeonnage au sulfate de cuivre et l'aspersion avec le polysul-

fure de calcium ou foie de soufre. Mais ces divers remèdes, outre qu'ils sont d'une efficacité fort incertaine en même temps que d'une application difficile, ont parfois l'inconvénient d'être plus destructeurs pour la vigne elle-même que pour son parasite.

En résumé, les divers agents curatifs employés pour combattre les maladies parasitaires de la vigne sont, en général, des dérivés du soufre, et il est aisé de reconnaître que leur efficacité est d'autant plus grande qu'ils n'agissent pas par simple contact, mais qu'ils paraissent pénétrer plus profondément dans les tissus végétaux par voie d'absorption gazeuse ou liquide.

Telles sont les conditions dans lesquelles j'ai été amené à étudier l'action du sulfure de charrée. Il y a longtemps, près de quinze ans, que j'en avais reconnu les propriétés curatives et que j'avais songé à les utiliser contre le phylloxera. J'étais toutefois resté dans cette idée préconçue que l'action devait être localisée ; que pour atteindre un insecte vivant sur les racines, il fallait forcément que l'insecticide, quel qu'il fût, arrivât au contact de ces mêmes racines. Or, je ne tardai pas à reconnaître que la dissolution sulfureuse de charrée, qui se conservait indéfiniment au contact de l'air, était au contraire instantanément décomposée par son filtrage à travers le sol. En arrosant la terre végétale contenue dans un pot de fleurs avec des quantités considérables de cette dissolution, je n'obtenais comme eau de lessivage qu'un liquide qui ne donnait aucune trace d'hydrogène sulfuré avec le papier réactif à base de plomb.

Dans ces conditions, il était impossible d'arriver par un simple arrosage à une action de contact, et bien moins encore à une absorption par les racines.

J'avais bien remarqué dès cette époque que l'aspersion extérieure faite sur les feuilles et les fruits était tout au moins aussi efficace que l'emploi du soufre en poudre contre l'oïdium ; mais je n'y voyais encore qu'une action de contact et, la question réduite à ce point, je ne crus pas devoir insister pour tenter de faire substituer à un mode de traitement connu ayant fait ses preuves, tel que le soufre, un nouveau procédé qui, s'il paraissait devoir être plus économique, avait contre lui l'inconvénient de ne pas avoir été sanctionné par une large pratique.

Je n'ai repris la question que récemment, lorsqu'il s'est agi de combattre le mildew, ce nouveau parasite contre lequel le soufre en poudre restait sans effet.

Dès le début de mes essais, j'ai été amené à constater un fait assez inattendu. J'ai reconnu que les gouttelettes de la liqueur sulfureuse déposées à la surface des feuilles par une chaude journée d'été disparaissaient très rapidement, non par suite d'une simple évaporation comme je l'avais cru d'abord, mais par une véritable absorption. Dans le cas d'une évaporation

en effet, on aurait dû constater à la surface de la feuille un dépôt de matière minérale sous forme de tache ou de pellicule. C'est ce qui se produit quand le liquide contient accidentellement un peu de charrée en suspension qui laisse subsister une petite auréole noire à l'emplacement de la goutte d'eau. Mais dans le cas normal, quand la dissolution est limpide, elle disparaît rapidement sans laisser aucune trace de dépôt ou de coloration. La feuille desséchée ne diffère en rien de celle qui n'a pas subi de traitement, sauf qu'elle paraît plus lisse et plus souple au toucher.

L'évaporation peut sans doute concentrer la liqueur à la surface de la feuille ; mais sa disparition finale implique nécessairement l'absorption complète de la matière végétale qui doit pénétrer dans le tissu végétal et être entraînée en entier par le courant de circulation de la sève. Elle peut sans doute agir par simple contact, comme le soufre ; mais elle peut, elle doit bien certainement agir plus encore par une action curative interne s'étendant à toutes les parties du végétal, aux racines souterraines aussi bien qu'aux pampres extérieurs. Il y avait donc lieu d'espérer que les bons effets du traitement ne seraient pas localisés, mais pourraient s'appliquer également à toutes les maladies parasitaires, au phylloxera aussi bien qu'au mildew et à l'oïdium.

Cette conclusion n'était sans doute qu'une induction théorique. Il reste à voir jusqu'à quel point on peut la considérer comme démontrée par des faits d'observation pratique.

J'ai déjà dit comment on pouvait obtenir la dissolution sulfureuse. Son mode d'emploi n'est ni plus difficile ni plus dispendieux. Le liquide, préparé dans les cours de la ferme, est transporté au plus près du lieu d'emploi dans des futailles d'un maniement commode. Les vieux fûts de pétrole m'ont paru aussi avantageux pour cet usage que pour le transport de la charrée fraîche à partir de l'usine.

Les futailles étant successivement vidées dans un cuvier portatif, l'arrosage des vignes peut se faire de deux manières, à l'arrosoir ou à la lance alimentée par une pompe foulante. Je ne me suis servi jusqu'ici que du premier procédé ; mais le second serait beaucoup plus économique, si l'on voulait opérer en grand et qu'on eût affaire à des vignes d'une végétation assez vigoureuse pour recouvrir complètement le sol et absorber presque en totalité le liquide retombant en pluie plus ou moins fine à leur surface. Dans ce cas particulier, deux hommes manœuvrant l'un la pompe, l'autre la lance, pourraient facilement distribuer en une heure 30 à 40 hectolitres de liquide, quantité plus que suffisante pour le traitement d'un hectare. S'il s'agit de vignes jeunes ou maladives, ne recouvrant qu'imparfaitement le sol, on pourra employer beaucoup moins de liquide, mais il faudra le distribuer à l'arrosoir pour ne pas avoir trop de déperdition. Dans les deux cas, les dépenses, tant pour les fournitures que pour emploi de liquide,

sont minimes, comparables tout au plus à celles des soufrages ordinaires, avec cette circonstance avantageuse que le soufrage ne peut se faire qu'à certaines heures et par certains temps, tandis que le sulfurage liquide peut s'opérer à tout moment et en toute saison, pourvu que la vigne soit en bon état de végétation, garnie d'une suffisante quantité de feuilles pour retenir le liquide et en déterminer l'absorption.

Mes expériences personnelles ont été commencées cette année un peu tard, au mois de juillet, et n'ont pas été suffisamment renouvelées. Je n'ai opéré qu'un seul sulfurage et parfois au milieu d'août, vingt jours à peine avant les vendanges. Je ne pouvais alors m'attendre à un résultat très complet. Une simple douche sulfureuse ne guérit pas un galeux ou un paralytique. Il est à présumer qu'il en faudra plusieurs pour un cep de vigne. Quoi qu'il en soit, les effets d'une médicamentation incomplète ne m'en ont pas moins paru suffisants pour démontrer l'efficacité du procédé.

Mon vignoble se compose presque exclusivement de jacquez américains et de carignanes, naturels ou greffés sur riparias ou cuninghams. Ces deux plants, le jacquez et la carignane, sont plus particulièrement sujets à l'oïdium et au mildew. Deux ou trois soufrages étaient, année moyenne, nécessaires pour me débarrasser du premier parasite. Une seule douche sulfureuse a suffi cette année pour obtenir un résultat au moins égal. L'opération a même réussi sur une vigne de carignane où l'oïdium avait résisté à deux soufrages consécutifs et qui a été radicalement guérie avec une sulfuration complémentaire. Il me paraît donc parfaitement démontré que l'efficacité du sulfure de charrée est au moins égale, je pourrais même dire très supérieure, à celle du soufre contre l'oïdium.

Les résultats ont peut-être été un peu moins concluants pour le mildew. L'an dernier, cette maladie m'avait enlevé près de moitié de la récolte sur certains jacquez. Cette année elle a sévi avec une intensité plus grande dans toutes les vignes de ma région. Les miennes ont perdu quelques feuilles en août; mais la récolte n'en a pas souffert, et à l'heure où j'écris ces lignes, fin octobre, mes pampres sont encore suffisamment garnis et continuent même à se développer avec vigueur, tandis que toute trace de végétation a disparu dans les vignes dénudées de mon voisinage. Je dois donc considérer le résultat comme avantageux, et je ne doute pas qu'il n'eût été complet si j'avais pu opérer plus tôt, préventivement, et renouveler la sulfuration une ou deux fois dans le courant de l'été, comme on le fait pour les soufrages.

Je ne pourrais être aussi précis en ce qui concerne le phylloxera, bien que je possède encore deux vignes en plants français qui en sont plus ou moins infestées. L'une d'elles est une vieille vigne depuis longtemps atteinte. Sa végétation est très rabougrie, sa production presque nulle. Il

n'est pas surprenant que je n'aie pu encore constater d'amélioration sensible, car le remède, ne pouvant agir que par absorption, ne saurait avoir beaucoup d'effet quand on l'applique à quelques maigres bouquets de feuilles qui ne peuvent retenir que très peu de liquide.

La seconde vigne, de plantation récente, n'en était encore qu'à sa quatrième feuille. Je la considérais comme perdue, car elle se trouvait intercalée entre deux vignes contiguës qui ont été complètement détruites cette année; et, au printemps, elle présentait elle-même une tache phylloxérique très caractérisée avec quelques souches mortes à son centre. Contre mon attente, cette tache ne s'est pas agrandie, la végétation s'est maintenue belle dans l'ensemble et des fouilles faites à l'automne au pied de plusieurs souches ne m'ont fait reconnaître la présence d'aucun phylloxera.

Je dois dire toutefois que cet heureux résultat pourrait être attribué au sulfure de carbone que j'ai employé deux fois, en 1884 et en 1885, mais à très petites doses, moins de 100 kilogrammes à chaque fois pour près de 2 hectares de vigne.

Tels sont les résultats que j'ai pu constater chez moi. Je ne saurais les présenter comme absolument concluants. J'aurais vivement désiré que mes expériences fussent reproduites par d'autres propriétaires. Bien peu ont répondu à mon appel, et ils ont, du reste, opéré encore plus tardivement que moi, dans la seconde quinzaine d'août. Je me suis renseigné auprès d'eux, et ils ont été à peu près unanimes à me répondre que l'emploi du sulfure de calcium paraissait avoir enrayé le développement du mildew, qu'ils avaient surtout en vue de combattre.

Tels sont les faits qu'il me paraît utile de porter à la connaissance du public à la fin de cette première campagne. Je n'entends pas donner à ces expériences hâtives plus d'importance pratique qu'elles ne peuvent en avoir. Je ne présente pas la dissolution sulfureuse de charrée comme un spécifique universel devant produire des effets merveilleux, débarrasser en une fois et à tout jamais la vigne de tous ses parasites présents et à venir. Je la recommande comme un agent curatif nouveau d'une excessive énergie, d'une préparation peu coûteuse, d'un emploi facile, donnant au soufre, dans tous les cas où l'usage en est indiqué, une intensité d'action que cette substance ne saurait avoir à son état solide naturel.

La charrée de soude est un produit abondant, encombrant, pour le moment sans valeur; ce qui ne veut pourtant pas dire que les propriétaires pourront l'obtenir pour rien rendue à pied-d'œuvre. Admettons qu'elle leur revienne, suivant la distance, à 3 ou 4 francs les 100 kilogrammes. A ce prix, qui de longtemps ne sera pas dépassé, ils disposeront de 17 kilogrammes de soufre, ce qui en fera revenir les 100 kilogrammes à un prix moyen de 22 francs, qui est à peu près celui du soufre sublimé. La valeur d'achat de la substance curative sera donc sensiblement la même. Mais

avec la dissolution sulfureuse on ne perdra que la quantité de liquide qui tombera sur le sol, le tiers à peine. Le restant, soit 66 pour 100, absorbé par le courant de la sève, pénétrant avec elle dans tous les tissus du végétal aériens ou souterrains, agit forcément sur leur organisme. Quelle est, au contraire, la proportion de soufre qui, répandu au dehors par les procédés ordinaires, peut produire quelque effet, soit au contact, soit à l'état de vapeur de soufre ou d'acide sulfureux ? Nulle expérience n'a pu l'établir ; on ignore même comment cette action se produit. Ce qu'il est impossible de méconnaitre, c'est que cette fraction de soufre, réellement utilisée, est des plus minimes ; qu'elle ne représente peut-être pas un ou deux centièmes de la quantité dépensée ; le reste, entraîné par le vent, la pluie ou la rosée, retombant sur le sol à l'état inerte. L'avantage du sulfure sur le soufre est donc dans le rapport de 30 à 1 pour le moins. Ajoutons encore que si le soufre naturel n'est pas toujours efficace, même contre l'oïdium, il est parfois nuisible quand il est employé en temps inopportun. Pendant les chaleurs de l'été, le soufre brûle les racines, fait plus de mal que de bien. Rien de pareil n'est à craindre pour la sulfuration. J'ai forcé intentionnellement la quantité du liquide sulfureux sur quelques ceps au plus fort de l'été sans qu'il en soit jamais résulté d'effet fâcheux.

J'aime à croire que ces considérations frapperont quelques agriculteurs ; qu'elles attireront tout au moins l'attention des Sociétés d'agriculture ; qu'elles les engageront à reprendre l'année prochaine, en temps convenable et sur une échelle suffisante, les expériences que je n'ai pu qu'ébaucher chez moi dans la campagne qui vient de finir.

M. A. LADUREAU

Directeur du Laboratoire central agricole de Paris.

NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LE FERMENT AMMONIACAL

— Séance du 20 août 1885 —

Dans un précédent mémoire, j'ai démontré le rôle et l'utilité du ferment ammoniacal dans la nature ; j'ai établi qu'on l'y trouvait abondamment répandu presque partout, et surtout dans le sol ; j'ai montré sa manière d'agir sous les diverses influences qu'il peut ressentir, et j'ai conclu en annonçant que j'allais chercher un corps n'ayant pas d'action fâcheuse sur les plantes, et qui fût susceptible de neutraliser ce ferment dans les

urines, afin d'éviter les pertes d'azote ammoniacal qu'éprouvent les cultivateurs durant la préparation de leurs fumiers, par suite de la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque, sous l'influence de ce ferment, et de la volatilisation d'une partie de ce carbonate d'ammoniaque par la chaleur produite durant la fermentation des fumiers.

Voici les expériences qui ont été faites dans cette voie à mon laboratoire, depuis mon mémoire, et quels ont été leurs résultats.

Il fallait paralyser le ferment ammoniacal avec des corps utiles aux plantes, ou du moins ne pouvant leur nuire, et c'est dans ce but que nous avons successivement étudié l'action de l'acide phosphorique libre ou combiné à la chaux dans les superphosphates, puis la chaux caustique, le sulfate de fer, l'acide phénique, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique et le protochlorure de fer.

Nous avons pris une solution d'urée chimique à 2 grammes dans 100 centimètres cubes et y avons introduit un peu de terre de jardin et les doses suivantes d'acide phosphorique vitreux. Dans 25 centimètres :

$0^{gr},1$ — $0^{gr},2$ — $0^{gr},5$ — 1^{gr} — Rien.

Quinze jours après, les liquides analysés renfermaient :

$0^{gr},25$ — $0^{gr},27$ — $0^{gr},09$ — $0^{gr},05$ — $0^{gr},30$

d'ammoniaque formée. On voit qu'il n'y a guère de différence entre la liqueur telle quelle mise à fermenter, et la même avec addition de 1 ou 2 décigrammes d'acide phosphorique. Il a fallu les doses élevées de 1 demi-gramme et de 1 gramme de cet acide, ce qui correspond à 2 et 4 grammes par 100 centimètres cubes, pour entraver d'une manière notable cette fermentation, et même, à ces doses élevées, l'acide phosphorique ne l'a pas empêchée complètement.

Superphosphate de chaux. — Ces essais ont été renouvelés avec des dissolutions de phosphate acide de chaux $CaO,PhO^5 \left\{ \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} \right.$ en employant les mêmes quantités d'acide phosphorique, c'est-à-dire :

$0^{gr},1$ — $0^{gr},2$ — $0^{gr},5$ — 1^{gr},

par 25 centimètres cubes de solution d'urée. — Les fermentations ont été plus complètes que dans l'expérience précédente. Nous avons obtenu :

$0^{gr},28$ — $0^{gr},26$ — $0^{gr},20$ — $0^{gr},21$

d'ammoniaque formée après quinze jours.

Le superphosphate acide n'entrave donc pas cette fermentation.

En opérant toujours avec la même solution d'urée à 2 pour 100 et les doses suivantes de *chaux caustique* par 100 centimètres cubes :

0gr,1 — 0gr,2 — 0gr,5 — 1gr. — Rien.

nous avons constaté au bout de quinze jours qu'il s'était formé :

0gr,30 — 0gr,27 — 0gr,20 — 0gr,17 — 0gr,33

d'ammoniaque. La chaux exerce donc aussi une action à peu près nulle, même en quantité relativement élevée.

Le *sulfate de fer*, employé aux doses de :

0gr,1 — 0gr,2 — 0gr,5 — 1gr,

par 100 centimètres cubes, n'a produit qu'une action pour ainsi dire nulle. On a retrouvé à peu près autant d'ammoniaque avec 1 gramme de ce sel, par 100 centimètres cubes, que dans la liqueur témoin qui n'en renfermait pas.

L'*acide phénique*, employé aux doses de :

0gr,05 — 0gr,1 — 0gr,2 — 0gr,5,

par 100 centimètres cubes, a donné les résultats suivants :

Ammoniaque formée après quinze jours :

0gr,28 — 0gr,25 — 0gr,20 — 0gr,17 — Témoin 0gr,30.

Son action a été bien faible, même à cette dose élevée de 1 demi-gramme pour 100 centimètres cubes, ce qui montre quelle énergie, quelle puissance d'action possède le ferment que j'étudie.

L'*acide sulfurique* a été employé comme suit : dans 100 centimètres cubes de la solution d'urée, on a mis un peu de terre de jardin et 1 décigramme, 5 décigrammes et 1 gramme d'acide sulfurique pur à 66°. Au bout de vingt jours, on trouvait dans la liqueur témoin sans acide : 27 centigrammes d'ammoniaque ; — avec 1 décigramme d'acide, 24 centigrammes ; avec 5 décigrammes d'acide, 20 centigrammes d'ammoniaque, et enfin la liqueur acidulée au centième, en renfermait également 18 centigrammes.

Ce ferment agit donc également en présence des acides ou des alcalis.

Voici comment l'action de l'acide borique a été essayée :

Dans quatre flacons, on a mis 50cc d'urine fraîche ; le premier ne reçut aucune addition, il fut abandonné en même temps que les autres à la fermentation naturelle.

Le second reçut	0,05	d'acide borique, soit	0,1	p. 100
Le troisième	0,10	—	0,2	—
Le quatrième	0,20	—	0,4	—

Au bout de quinze jours les liquides furent analysés et l'on trouva les uantités suivantes d'ammoniaque formée :

	Ammoniaque.
	—
Sans acide borique	0,64 grammes.
Avec 0,05, soit 0,1 p. 100.	0,59 —
— 0,10 — 0,2 —	0,40 —
— 0,20 — 0,4 —	0,15 —

Comme on le voit, l'acide borique n'a entravé la fermentation ammoniacale qu'à la dose élevée de 4 grammes par litre, ce qui rend son emploi, dans la pratique, absolument impossible.

J'ai enfin essayé un liquide que l'on vend beaucoup comme désinfectant, qui est composé d'acide chlorhydrique libre et de protochlorure de fer. Ce liquide renferme :

Acide chlorhydrique..........	18,50	pour 100 grammes.
— sulfurique..........	4,11	»
Fer........................	1,24	»
Antimoine..................	0,10	»

J'en ai employé 10 centimètres cubes dans 200 centimètres cubes d'urine fraîche avec un peu de terre ; la fermentation ammoniacale se produisit néanmoins et on trouva dans le liquide, au bout de quinze jours, $1^{gr},2$ d'ammoniaque formée.

Tous ces résultats négatifs prouvent que le ferment ammoniacal est un petit être doué d'une force de résistance extraordinaire ; qu'il peut agir même en présence des corps réputés les plus antiseptiques, et qu'il est donc peu probable qu'on arrive, comme je l'avais espéré, à pouvoir paralyser momentanément son action, afin qu'elle ne se produise que dans le sol et que les pertes d'azote qu'éprouvent les cultivateurs soient ainsi évitées. — Quelque peu d'espoir que ces résultats nous laissent, nous n'en continuons pas moins nos recherches sur la solution de cet intéressant problème.

En attendant mieux, nous pouvons dire en terminant cette note que nous croyons que le meilleur procédé de conservation de l'ammoniaque dégagée dans la fermentation des fumiers consiste dans l'addition à ces matières de sels magnésiens naturels, tels que les chlorures et sulfates de magnésie et de superphosphates qui, en se dissolvant dans les liquides ammoniacaux, formeront du phosphate ammoniaco-magnésien, sel fixe à l'abri de la volatilisation.

M. HANSEN-BLANGSTED

A Paris.

SUR L'ORIGINE DES MOTS « BALTIQUE » ET « BELTS»

— Séance du 13 août 1885 —

Si nous cherchons l'origine du mot *Belt*, nous trouvons ce mot dans plusieurs langues. Nous avons dans la langue latine le mot *Balteus*, dans la langue tartare le mot *Balta*, et dans la langue phénicienne le nom de la déesse *Baltis* ou *Beltis* (1). Cependant, si nous voulons immédiatement, d'après ces mots, tirer l'origine de la mer Baltique, nous nous trouvons en face de difficultés sérieuses.

Certainement l'étymologie peut nous aider pour trouver l'origine des mots, mais il ne faut se prononcer qu'après de sérieuses études. Lorsque l'étymologie et l'histoire s'accordent, on peut se prononcer avec plus de hardiesse et arriver à des résultats satisfaisants.

Il n'est pas sans importance de se rappeler, quant à l'origine du mot *Belt* ou *Balt*, que les premières familles, parmi les Goths, portèrent le nom de *Balt*. Jornands prétend que ce nom signifie : *hardi, courageux, téméraire, audacieux*. Il est à supposer que les Goths, en traversant la mer pour se fixer soit en Suède, soit dans les îles danoises, ont donné, à cette occasion, le nom de *Belt* ou *Balt* à la mer.

Plinius (Histor. Natural., lib. IV, 13) mentionne, d'après Xenophonte Lampfaceno, que la Scandinavie s'appelait à cette époque *Baltia*. Dans la grande Histoire universelle, t. XVII, 135, le mot *Baltia* est donné comme un mot grec qui veut dire entrée, détroit qui conduit à la mer.

(Vid. Commentarii Academiæ Scientiarum Imper. Petrop., t. V, p. 39.)

« Balts veteribus Prussis hodieque Curonibus et Lettis est album. »

Théoph. Sigfr. Bajer était de l'opinion de Prætorii, que la mer Baltique conduit vers les plages blanches de la Prusse. On trouve également, dans une lettre d'un membre de l'ordre Teutonique, que la Prusse s'appelait *Wittland* (Pays blanc). Faut-il ajouter que *Balts*, dans la langue lithuanienne, ancienne langue prussienne, ainsi que dans la langue de Courlande, comme le mot *Biel* dans tous les dialectes de la langue slavonienne, signifie *blanc?*

(Vid. Commentarii Acad. Scient. Imper. Petrop., t. V, p. 359.)

(1) Seldenus de Diis Syris Syntagm. II, c. II, p. 156.

Après ce que nous venons de dire, on pourrait demander :

1° Pourquoi les deux détroits entre Jutland et Fionie, et entre Fionie et Seeland, sont-ils appelés *Belt ?*

Veut-on tirer ce nom du mot courlandais *Balt* ou du mot slavonique *Biel?* Certainement les Vendes ont habité toutes les côtes de la mer Baltique jusqu'à Lauenbourg, mais ils ne se sont jamais fixés en Danemark. Ils n'ont donc pu avoir donné leur nom aux détroits, et c'est encore moins à supposer pour les Courlandais.

2° Pourquoi les anciens Scandinaves ont-ils appelé *Hellespont* le détroit des Dardanelles, *Elli-palta* (1) ? Est-ce que les plages de la Thrace et de l'Asie Mineure étaient blanches, ou la mer elle-même avait-elle une nuance blanchâtre ?

3° Pourquoi le *Palus-Mœotis* a-t-il été appelé *Balt-Chimkin* par les anciens habitants de cette contrée (2) ?

La réponse à ces questions n'est pas difficile. Les Goths sont venus en Scandinavie, après avoir séjourné sur les bords du lac Méotides. Dans la langue gothique, *Belti* veut dire ceinture. Un proverbe runique dit :

Laugur er Landa Belti.

Lögrin, Mälar ou la mer est la ceinture du pays (3).

Pourquoi l'ancienne Scandinavie est-elle appelée *Baltia* par les écrivains latins et grecs (4) ?

N'est-il pas à supposer que le nom vient d'un peuple qui était, sinon maître de la mer, au moins la fréquentait continuellement ? Les Goths sont venus en Scandinavie de l'embouchure du Don, où les guerres de Mithridate les avaient chassés (5).

Ceux-ci ou leurs devanciers ont introduit le nom de *Belt* dans le Nord, qui, dans l'ancienne langue gothique, veut dire : *sund, détroit* ou l'*entrée* d'une *mer* (6).

Ce qui est remarquable, c'est que *Belt* ne signifie pas la mer, mais, au contraire, un intermédiaire entre des mers ou une mer méditerranéenne. Dans la langue runique, le mot de *Mälar*, *Landa-Belti*, veut dire : « Ceinture du pays » (7).

(1) Snorro Sturlonides five Historiarum Regum Septentrionalium, t. II.
(2) Vid. Verelii, Critique d'Hervarer, p. 17, et l'Histoire de la Suède, par Dalin, t. I, c. VIII, p. 176.
(3) Petis de la Croix, dans l'Histoire de Timur-Beg, et le célèbre Deguignes, t. III de son Histoire des Huns, p. 371.
(4) Xenophon Lampsacus et Plinius, lib. IV, Historiæ Naturalis, t. XXXVII, 2 et 5. Pytheas, dans son Voyage (300 ans avant Jésus-Christ), appelait la Scandinavie tantôt *Basilea*, tantôt *Abalus*. Ces deux noms sont la corruption de *Baltia* ou de *Balthia*. Wachter, dans son Glossario præfat. ad Germanos, p. 15, dit que les Goths appelaient la Finlande *Aball*, qui veut dire « Pauvreté, Diselle », et Tacitus dit : « Fennorum ta da paupertas. »
(5) Dalin, Histoire de la Suède, t. I, p. 23.
(6) Dalin, Histoire de la Suède, t. I. p. 23.
(7) Dalin, Histoire de la Suède, t. I, p. 6, note *b*.

Ce dernier fait permet de supposer que le *Baltus* des Latins et le *Belt* ou *Balt* des Goths ont une origine commune.

Il n'y a pas de doute que la mer Noire a été appelée *Balt* ou *Palt* et que les Grecs en ont formé le mot *Pont, Pontus,* car la prononciation des deux lettres *lt* a dû être difficile pour eux. Le mot *Pont* signifie également, comme le mot *Balt,* non seulement une mer intérieure, mais également un détroit ; le mot de *Hellespontus* le démontre.

M. VENUKOFF

Major général russe en retraite, à Paris.

DE L'ÉTAT ACTUEL DES ÉTUDES SUR LE MAGNÉTISME TERRESTRE EN RUSSIE

— *Séance du 13 août 1885* —

La nécessité, pour les navigateurs et voyageurs de terre, de bien connaître la déclinaison magnétique sur divers points du globe a depuis longtemps conduit les savants à la construction de cartes des lignes isogones.

Deux grandes institutions d'États, les amirautés anglaise et allemande, se sont même chargées de les corriger, les compléter et les rééditer de temps en temps, selon l'état des recherches qui s'y rapportent. Il n'en est pas de même pour les cartes isocliniques et surtout isodynamiques. La France, l'Allemagne, l'Angleterre, l'Italie en possèdent de très bonnes, mais plusieurs autres pays, même en Europe, en sont complètement privés. Quant à l'Afrique, à l'Australie, à la plus grande partie de l'Asie et de l'Amérique, leurs cartes magnétiques, en général, inspirent peu de confiance, parce qu'elles sont basées sur des documents peu certains ou trop anciens. Ces cartes sont pourtant d'une nécessité absolue, non seulement pour les voyages scientifiques, mais aussi pour les recherches sur la physique du globe faites dans les observatoires ou dans les cabinets des savants. M. le général Tillo a entrepris de publier les cartes de la distribution de différents éléments magnétiques dans l'Europe orientale, c'est-à-dire en Russie et dans certains pays limitrophes. J'ai l'honneur, Messieurs, de vous présenter un exemplaire de ces cartes. Comme vous voyez, elles sont basées sur un nombre suffisant d'observations. Les petits cercles rouges et bleus indiquent notamment les points

où ces observations ont eu lieu. Ce nombre dépasse, en effet, 640, et les observations ont été faites :

303 avant 1870 (bleus).
339 après 1870 (rouges).

La distribution des points d'observations de la déclinaison et de l'inclinaison est assez homogène sur toute la surface de la Russie, comme le prouve la table suivante :

Au nord de 65°	latitude	septentrionale	il y a	94	stations.
Entre 65° et 60°	—	—	—	89	—
— 60° et 55°	—	—	—	143	—
— 55° et 50°	—	—	—	117	—
— 50° et 45°	—	—	—	105	—
— 45° et 40°	—	—	—	97	—

Dans la partie occidentale de la Russie, à l'ouest du méridien d'Arkhangelsk-Riazan-Nowotcherkask, il y a presque autant de points déterminés qu'à l'est de ce méridien, ce qui prouve encore une fois que les bases de la carte de M. Tillo sont très solides dans toutes les parties du dessin.

Pour la carte de l'intensité de la force magnétique (totale et seulement horizontale), le nombre des stations est plus petit, mais suffisant : cette carte a donc tous les droits à la confiance des savants.

A la vue de ces cartes, deux questions principales se présentent à l'esprit. D'abord, quelles sont les sources ou les documents authentiques dont M. Tillo s'est servi pour les composer? Ensuite, quels sont les résultats généraux de ces études pour la physique du globe? Je vais essayer de répondre à ces deux questions le plus brièvement possible.

Au commencement du XIXe siècle la Russie ne possédait que très peu de stations magnétiques, presque exclusivement dans les villes universitaires. Le célèbre physicien norvégien Hansteen était le premier voyageur qui se fût occupé en 1828-30 de la détermination des éléments magnétiques sur différents points du vaste empire russe. En 1829, Humboldt, qui jouissait d'une grande estime auprès de l'empereur Nicolas, fit au gouvernement russe la proposition de fonder des observatoires magnétiques dans plusieurs villes de la Russie d'Europe et d'Asie, ce qui fut adopté. Les observations régulières de l'aiguille aimantée furent commencées, non seulement dans plusieurs villes russes, comme Tiflis, Ekathérinbourg, Barnaoul, Nertchinsk mais aussi dans la capitale de la Chine, où, à cette époque, les Russes seuls possédaient une mission politico-religieuse. Cet état de choses dura trente ans, jusqu'au moment où l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg a entrepris une série d'observations magnétiques dans la Russie occidentale et dans la Finlande. Les travaux académiques étaient exécutés par M. Sawitch et ses collègues. Ensuite venaient les observations de

membres de la Société de géographie de Russie et de géodésiens de l'état-major russe, comme MM. Kowalsky, Tillo, Dorant, Muller, Poustchine et autres.

Mais la série la plus complète de travaux fut commencée, en 1872, par M. Smirnoff, professeur à l'université de Kazan. Ce savant a consacré sept années aux recherches sur le magnétisme terrestre dans l'Europe orientale. Il parcourut toutes les provinces de la Russie d'Europe, une partie de l'Autriche, de la Roumanie, de la Turquie et de l'Asie centrale. Malheureusement, il est mort avant d'avoir pu achever son travail et d'en publier les résultats complets. La tâche de calculer ces résultats et de les tracer sur les cartes incomba à mon savant ami le général Tillo, qui s'en acquitta avec honneur. L'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg a récemment publié ses deux mémoires, qui exposent l'état actuel de nos connaissances sur le magnétisme terrestre dans la Russie d'Europe et dans les pays limitrophes de l'Asie. J'ai l'honneur d'offrir un exemplaire de ces mémoires à l'Association pour sa bibliothèque.

Quant aux résultats théoriques des recherches de M. Tillo, je n'en citerai que trois. D'abord, il a trouvé que la distribution des éléments magnétiques en Russie présente deux ou trois anomalies, provenant de causes inconnues, mais locales. Sur sa proposition, on a répété les observations sur les points de ces anomalies et on les a constatées d'une manière indiscutable. Probablement, l'augmentation de la force magnétique dépend de l'agglomération des minerais de fer dans les profondeurs du sol.

Ensuite, M. Tillo s'est appliqué à calculer les amplitudes annuelles des éléments magnétiques pour les endroits où cela a été possible, et il en a déterminé les limites numériques. Mais le plus grand service rendu à la science par M. Tillo consiste en ce qu'il a trouvé la formule mathématique qui exprime la valeur des changements de la force magnétique en fonction du temps et de la position géographique des localités. Cette formule lui a permis de tracer deux séries de cartes diagrammes qui nous montrent comment la force magnétique change, avec le temps, sa direction et son intensité sur un point donné de la Russie. Prenons, par exemple, la ville d'Astrakhan, à l'embouchure du Volga. Le changement séculaire de la force magnétique totale y est nul pour notre époque, tandis qu'à Moscou il est égal à 10 unités magnétiques adoptées par Gauss. En outre, nous voyons qu'au milieu de notre siècle la force magnétique totale diminue à Moscou, et qu'elle augmente à l'est du méridien de Kazan.

La théorie de M. Tillo a déjà trouvé un accueil bienveillant de la part de M. Denza, directeur de l'observatoire de Moncalieri, qui en recommande l'application pour les études du magnétisme terrestre dans tous les pays d'Europe. Il ne me reste qu'à exprimer le même désir, et de la voir vérifiée

et appliquée aux données numériques recueillies dans d'autres parties du monde, par exemple dans l'Amérique du Sud, où M. Crouls a tout récemment publié une série d'observations magnétiques d'une grande importance.

M. le Colonel F. PERRIER

Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.

LA CARTE DE FRANCE DU DÉPOT DE LA GUERRE A L'ÉCHELLE DU 200,000e, UN ESSAI DE CARTE DE LA FRANCE A L'ÉCHELLE DU 50,000e

— *Séance du 14 août 1885* —

Carte de France du Dépôt de la Guerre à l'échelle du 200,000e (1).

Le colonel Perrier offre à l'Association française, au nom du Ministre de la Guerre, les six premières feuilles parues d'une nouvelle carte de France, à l'échelle du 200,000e, portant les noms de *Metz*, *Nancy*, *Vesoul*, *Troyes*, *Dijon* et *Châlons-sur-Marne*.

La carte entière comprendra 80 feuilles ou fractions de feuille. La dimension de chaque feuille est de $0^m,64$ sur $0^m,40$, correspondant à un rectangle de 128 kilomètres de base sur 80 kilomètres de hauteur, et embrassant exactement la superficie de 4 feuilles de la carte de l'État-major, à l'échelle du 80,000e.

Le mode d'exécution de la carte est très simple : pour chacune des 4 feuilles du 80,000e qui correspond à une feuille du 200,000e, on tire sur le cuivre une épreuve en bleu pâle ; puis, sur chaque épreuve ainsi obtenue, un dessinateur reprend à l'encre de Chine additionnée de gomme-gutte, et en les renforçant convenablement, tous les détails de la planimétrie, préalablement vérifiée, qui doivent figurer sur la feuille au 200,000e, sans s'occuper des écritures. L'assemblage des 4 feuilles est ensuite réduit à l'échelle du 200,000e, et l'on obtient par la photozincographie directe une maquette de la planimétrie, dont les dimensions sont exactement ramenées à $0^m,64$ sur 0^m40, et d'où l'on tire, pour aider le travail du graveur, autant de faux décalques que la carte comporte de couleurs.

Les écritures sont gravées directement sur les planches de noir d'après la carte au 80,000e.

Pour obtenir le figuré du terrain, les dessinateurs exécutent sur les 16 minutes au 40,000e, 16 calques des eaux et des courbes de 20 mètres en 20 mètres ; chacun de ces calques est ensuite réduit par la photogra-

(1) Prix de chaque feuille : 2 francs.

phie à l'échelle du 200,000ᵉ et les 16 épreuves, assemblées convenablement par un dessinateur, forment une feuille ayant les dimensions voulues de $0^m,64$ sur $0^m,40$ qui est remise au graveur.

Celui-ci n'a plus qu'à calquer, sur papier glace, les eaux et les courbes réduites, à les décalquer avec précaution sur un faux décalque de la planimétrie et enfin à les graver; l'hydrographie, qui existe à la fois sur le papier glace et sur le faux décalque, sert à guider l'artiste et à assurer l'exactitude rigoureuse de l'adaptation de la montagne à la planimétrie.

La carte est gravée sur zinc en six couleurs : le *rouge*, affecté aux localités, aux chemins entretenus et carrossables en tout temps et, dans la haute montagne, aux chemins muletiers; le *noir*, aux écritures, aux limites administratives, aux voies ferrées et aux chemins importants qui ne sont pas carrossables en tout temps; le *bleu*, aux eaux; le *vert*, aux bois; le *bistre*, aux courbes de niveau.

Une sixième planche de zinc reçoit un estompage au crayon lithographique, basé sur l'hypothèse de la lumière zénithale et destiné à relier les courbes entre elles, en donnant du modelé aux mouvements de terrain.

La nuance gris-bleuté, que l'on a adoptée en raison de sa transparence, fait bien ressortir le relief du sol sans nuire, en pays de montagnes, à la lecture des détails de la planimétrie.

L'équidistance adoptée pour les courbes est de 20 mètres; les formes du terrain sont ainsi suffisamment accusées dans les pays peu accidentés et bien saillantes dans les pays de moyenne montagne.

Notre nouvelle carte au 200,000ᵉ n'est donc en définitive qu'une réduction des minutes de la carte de l'État-major.

Elle a été rédigée de manière à fournir toutes les indications que comporte l'échelle, en évitant, toutefois, la confusion qui résulterait de l'excès même de ces indications. Ainsi elle porte tous les cours d'eau dénommés sur la carte au 80,000ᵉ, les noms des forêts, des bois importants, les sommets remarquables, les cols, tous les lieux habités, jusqu'aux chefs-lieux de communes, et mêmes les hameaux situés aux embranchements des routes; les routes et chemins carrossables, les chemins de fer à une ou deux voies, les limites administratives, jusqu'au canton seulement; mais, afin de ne pas surcharger la carte, on n'a pas indiqué les noms des chaînes de montagnes ni même les noms des départements, ni les chiffres de la population. Dans l'angle nord-est du cadre, un petit cartouche permet au lecteur de se rendre compte de la division de la feuille par département, et dans l'angle nord-ouest on trouve les noms des 4 feuilles correspondantes de la carte au 80,000ᵉ; au bas de la feuille est placé un tableau des signes conventionnels.

Six feuilles sont déjà publiées; des ateliers spéciaux ont été organisés au Dépôt de la Guerre, qui produiront 18 feuilles par année, de sorte que

la carte sera terminée en 1889, et pourra figurer dans notre grande exposition internationale, où elle formera un magnifique spécimen de la cartographie moderne.

Essai de carte de la France à l'échelle du 50,000e (1).

Je présente en outre, à l'Association, seize feuilles (Étain, Vigneulles, Commercy, Vaucouleurs, Nancy, Gondrecourt, Vezelize, Neufchâteau, Mirecourt, Nogent-le-Roi, Darney, Langres, Fayl-Billot, Faverney, Gray et Beaune-les-Dames), qui sont comme l'amorce d'une nouvelle carte au 50,000e de France, en couleurs, gravée aussi sur zinc.

Les premiers essais relatifs à l'exécution de cette carte ont été entrepris vers 1881, sous le ministère et presque sous la direction du général Farre. A cette époque, le ministère des Travaux publics avait déjà formé le projet d'exécuter un nivellement de précision embrassant la France entière, projet qui n'était que l'un des anneaux du grand programme élaboré par notre éminent confrère M. de Freycinet, et à l'occasion de ce travail, les grandes lignes de la planimétrie du sol français devaient être levées à nouveau ou vérifiées; les courbes de niveau, déterminées par points, seraient tracées sur un répertoire graphique, sorte de vaste recueil, par commune, des plans d'assemblage du cadastre, vérifiés ou établis à l'échelle du 10,000e. Dix ans devaient suffire pour mener à bonne fin cette opération grandiose. Grâce à une entente préalable entre les deux ministères intéressés à l'œuvre commune, le Dépôt de la Guerre fut chargé, pour sa part, d'établir à l'aide de ses propres minutes et avec les documents nouveaux, au fur et à mesure qu'ils seraient obtenus et vérifiés, une nouvelle carte de France à l'échelle du 50,000e en couleurs et par courbes.

Un projet de loi fut déposé, à cet effet, à la Chambre des députés et un crédit fut demandé de 22,000,000 francs répartis en dix exercices; mais les difficultés budgétaires en ont fait ajourner jusqu'ici l'adoption.

En attendant, le Dépôt de la Guerre a entrepris, avec ses propres ressources, la publication à l'échelle du 50,000e, en courbes et en couleurs, des minutes ou planchettes levées jadis par les officiers sur le terrain, à l'échelle du 40,000e. Telle est l'origine de la carte que je présente à l'Association française. Assurément elle n'est pas parfaite, les courbes ne sont pas levées exactement par points; le terrain, levé au 40,000e en vue de la publication d'une carte à une échelle moitié moindre, n'est pas fouillé dans tous les replis dont l'échelle comporterait la représentation. Toutefois elle constitue un grand progrès vis-à-vis du 80,000e en noir, avec hachures. Les courbes, même approchées, sont en général très utiles aux ingénieurs pour la rédaction de leurs avant-projets; la planimétrie se détache nette-

(1) Prix de chaque feuille : 2 francs.

ment, même en pays de hautes montagnes, dans les régions où les hachures rendent souvent confuse la carte au 80,000e. La carte est très lisible et aurait été accueillie avec faveur par le public.

C'était là une transformation complète de la cartographie du Dépôt de la Guerre. Les deux échelles du 50,000e et du 200,000e se substituaient ainsi à celles du 80,000e et du 320,000e; la hachure disparaissait, remplacée par la courbe avec estompage méthodique et transparent. Enfin, la substitution du zinc au cuivre dans la gravure facilitait étrangement la mise à jour de nos cartes, rendue si dispendieuse, si longue et toujours trop tardive par les planches de cuivre.

57 feuilles de la région nord-est de la France ont été gravées. C'est peu si l'on considère que le nombre des feuilles pour toute la France s'élèverait à 1,100. Mais il nous a été impossible d'aller au delà à cause de la réduction de nos crédits budgétaires.

La confection de notre carte au 50,000e est interrompue et nous ne pouvons dire à quelle époque elle sera reprise. La question, toutefois, ne tardera pas à se poser devant le pays, de savoir si le moment n'est pas venu d'en finir avec les levés approchés et d'exécuter, une fois pour toutes, un levé général et précis de la France, à une petite échelle, au 10,000e ou 20,000e, avec courbes de niveau exactes, de reproduire les minutes des planchettes pour les mettre à la disposition des ingénieurs, comme dans les pays étrangers, l'Allemagne, l'Italie, etc., et d'en déduire, à l'usage du grand public et de l'armée, une carte topographique à l'échelle du 50,000e, qui serait alors l'exacte représentation du sol.

La brigade topographique du génie militaire français exécute, sous l'habile direction du commandant de la Noë, des levés de précision qui pourraient servir de modèles; il suffirait d'organiser plusieurs brigades semblables, pour mener à bonne fin, en peu d'années, la grande entreprise du levé général de la France.

Je présente à l'Association, en terminant, un modèle de carte à l'échelle du 50,000e que j'ai fait établir d'après les levés de détail du génie militaire: la carte des *environs de Toul*, pour montrer quel progrès serait réalisé, si la France entière était dotée d'une carte semblable, où la planimétrie et le relief du sol sont traités avec une égale perfection.

M. Edmond COTTEAU

Membre de la Société de Géographie de Paris.

VOYAGE AUTOUR DU MONDE (1884-1885).

MALAISIE. — AUSTRALIE. — NOUVELLE-CALÉDONIE. — TAHITI. — MEXIQUE.

— Séance du 11 août 1885 —

Dans mes précédents voyages, j'avais parcouru l'Europe et l'Asie, visité une partie de l'Afrique et les deux Amériques. Cependant je n'avais pas encore fait le tour du globe, et il me restait à voir la cinquième partie du monde : l'Océanie.

Au commencement de 1884, je résolus de combler cette lacune. Ayant obtenu du Ministre de l'Instruction publique une mission gratuite pour les Indes néerlandaises et l'Australie, je fus autorisé à prendre passage sur le transport de l'État *la Nive*, qui devait quitter Toulon le 20 mars, à destination de la Cochinchine et du Tonkin.

Je ne parlerai que pour mémoire de cette grande route de l'Extrême-Orient, aujourd'hui si connue, et que je suivais alors pour la quatrième fois. Le 26, relâche à Port-Saïd ; le 5 avril, escale à Aden, le 14, à Colombo, et enfin, le 21, à Singapore, où je débarque seul, laissant mes 858 compagnons, civils et militaires, poursuivre leur route sur Saïgon.

Pendant le peu de jours que je passai à Singapore, j'eus l'occasion de visiter, au centre de l'île, une vaste propriété appartenant à un de nos compatriotes, M. Chasseriaux. Un millier de coolies Chinois, Malais et Indiens, y sont employés à la culture du manioc et du café de Libérie, sous l'œil vigilant du maître qui a créé là une plantation modèle et en surveille lui-même les moindres détails. Une pareille œuvre fait honneur au nom français.

Je fis aussi une petite excursion sur la péninsule malaise, où je rendis visite au maharadjah de Djohore, prince indigène, que l'on dit fort éclairé et grand ami des Anglais.

Le 28, je m'embarquai sur un vapeur qui, deux fois par mois, fait un service régulier entre Singapore et Sarawak (Bornéo). Cette traversée de deux jours ne m'a laissé que d'agréables souvenirs. Le capitaine, un Anglais fort aimable, était aux petits soins pour ses rares passagers. Il voyageait avec sa jeune femme, et le piano de sa cabine ne chômait guère. Dans la journée on jouait sur le pont à divers jeux d'adresse et, chaque soir, il y avait un concert d'amateurs.

L'État indépendant de Sarawak forme la huitième partie de l'île entière, ce qui équivaut à peu près à seize de nos départements français, avec 800 kilomètres de côtes. Il a été fondé par sir James Brooke, ancien officier de l'armée des Indes, qui a su faire régner la paix et développer une certaine prospérité dans un pays autrefois dévasté par les pirates et les guerres intestines. Aujourd'hui une trentaine d'Anglais gouvernent et administrent le pays, avec l'aide de quelques centaines de soldats et de policemen natifs; 300,000 indigènes malais, dayaks et chinois obéissent aveuglément à une poignée d'hommes de race étrangère! A quoi attribuer ce résultat vraiment merveilleux, si ce n'est à l'esprit de justice et à la simplicité extrême du gouvernement?

La capitale, Kuchin, est située sur les bords de la belle rivière Sarawak, à 40 kilomètres de son embouchure. Sa population, en dehors de quelques fonctionnaires européens, se compose de sept à huit mille Malais ou Chinois. En ville, les Dayaks, qui forment la race aborigène de Bornéo, sont en très petit nombre; ils vivent de préférence dans les jungles et les forêts de l'intérieur.

Je n'eus pas le plaisir de voir le rajah actuel, neveu et successeur de sir James Brooke : il était alors en Europe avec sa famille. Mais je suis heureux de dire que j'ai été accueilli avec cordialité par tous, officiers, fonctionnaires et négociants. On poussa l'obligeance jusqu'à mettre à ma disposition une chaloupe à vapeur avec laquelle j'ai pu remonter la rivière jusqu'à une centaine de kilomètres de la côte. Là, au milieu d'une végétation splendide, j'ai visité des mines d'or et d'antimoine, et aussi de curieuses grottes où l'on recueille ces fameux nids d'hirondelle si recherchés des gourmets chinois; la première qualité se vend sur place jusqu'à 152 francs le kilogramme.

J'ai visité aussi quelques villages dayaks; ils se composent invariablement d'une maison unique, ou plutôt d'un hangar immense, bâti sur pilotis et divisé dans le sens de sa longueur en autant de compartiments qu'il existe de familles. Les femmes, en guise d'ornements, portent autour de leur buste nu des cercles de laiton, plus ou moins nombreux selon leur position sociale.

Le pays que j'ai vu est très accidenté et partout, sauf de rares plantations et quelques jardins aux environs des villages, offre, jusqu'au sommet des montagnes, l'aspect d'une éternelle et splendide forêt.

De retour à Singapore, j'y trouvai mes amis MM. Bréon et Korthals, qui venaient d'arriver par la malle française, et, le 12 mai, nous nous embarquions tous les trois sur l'*Emyrne*, de la compagnie des Messageries maritimes, à destination de Batavia, où nous arrivions deux jours après. Ces messieurs étaient chargés d'une mission pour l'exploration scientifique du détroit de la Sonde et du volcan Krakatau, devenu tout à coup célèbre par l'effroyable catastrophe qui, à la fin d'août 1883, coûta la vie à près de

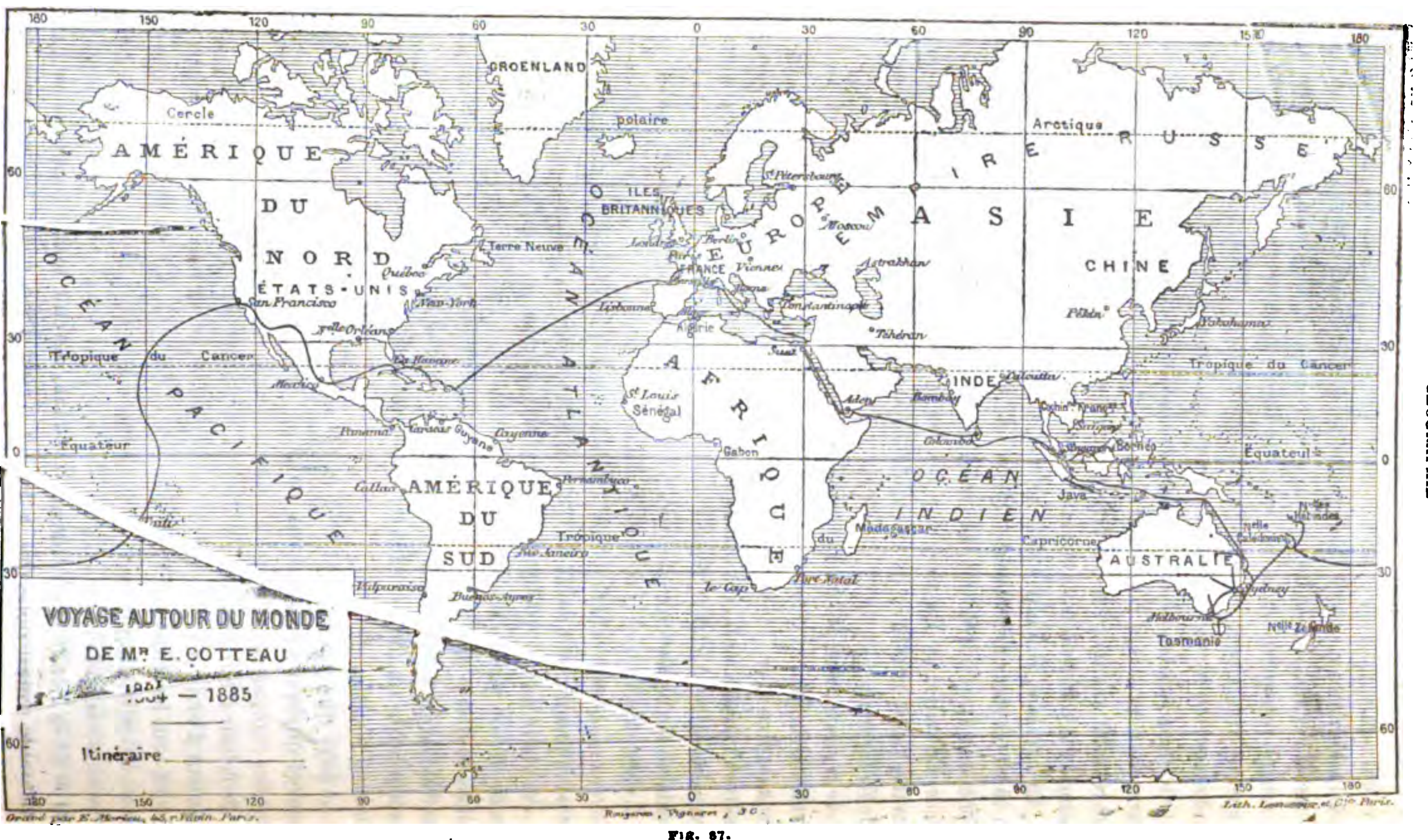

VOYAGE AUTOUR DU MONDE
DE Mr E. COTTEAU
1884 — 1885
Itinéraire
AMÉRIQUE DU NORD
ÉTATS-UNIS
AMÉRIQUE DU SUD
GROENLAND
Cercle polaire Arctique
OCÉAN ATLANTIQUE
OCÉAN PACIFIQUE
OCÉAN INDIEN
ILES BRITANNIQUES
EUROPE
FRANCE
RUSSIE
ASIE
CHINE
INDE
AFRIQUE
AUSTRALIE
Tasmanie
Tropique du Cancer
Tropique du Capricorne
Équateur
San Francisco
New-York
Québec
Terre Neuve
Panama
Callao
Valparaiso
Buenos-Ayres
Cayenne
Pernambuco
Rio Janeiro
Londres
Paris
Berlin
Vienne
Lisbonne
Algérie
St Louis
Sénégal
Gabon
le Cap
Port Natal
Madagascar
Aden
Bombay
Colombo
Calcutta
Téhéran
Astrakhan
Constantinople
St Pétersbourg
Moscou
Pékin
Yokohama
Saïgon
Bornéo
Java
Sydney
Melbourne
Grav. par E. Morieu, 45, r. Vivin, Paris.
Lith. Lemercier et Cie Paris.

Fig. 87.

40,000 personnes. Ils voulurent bien m'admettre à partager leurs fatigues, et c'est ainsi que j'eus la fortune d'accomplir une exploration qu'un simple touriste n'aurait pu mener à fin, et qui a été l'épisode le plus intéressant de mon voyage.

Le gouverneur général des Indes néerlandaises ayant mis à notre disposition un petit steamer, nous étions, dès le 21, en route pour le détroit de la Sonde. Notre expédition a été rude, mais aussi, que de spectacles variés et quelquefois terribles, que de phénomènes intéressants sous tous les rapports : la côte occidentale de Java dévastée, le sol bouleversé, les arbres arrachés, la ville d'Anjer disparue ! Puis, notre visite à Prinsen-Eiland, grande île inhabitée, couverte d'épaisses forêts et qui n'avait encore jamais été étudiée au point de vue géologique ! Nous abordons à Sumatra, au fond d'une baie encore encombrée par des bancs de pierres ponces flottant à la surface. Ce sol dénudé, c'est l'emplacement de la ville de Télok-Betong. Ses habitants, presque tous, ont été noyés, et à la place des cases qui s'élevaient à l'ombre des cocotiers, on ne voit plus qu'un terrain absolument nu, parsemé de flaques d'eau saumâtre et séjour de la fièvre ! Une vague monstrueuse, haute de plus de 30 mètres, a tout balayé ; elle a même entraîné, à 4 kilomètres dans l'intérieur des terres, un steamer de 400 tonneaux. Nous avons été le voir : il est échoué en pleine forêt et reste suspendu comme un pont au-dessus d'un petit cours d'eau. Sept ans auparavant, j'avais vu près d'Arica, sur la côte du Pérou, une corvette américaine échouée en plein désert, à deux heures de marche de la mer, à la suite d'un phénomène analogue.

Puis, voici les îles de Siboukou et de Sibési. Ces terres, naguère fertiles et populeuses, sont aujourd'hui entièrement recouvertes d'une couche de boue desséchée, épaisse de plusieurs mètres et sillonnée de profondes crevasses. Ce sont les cendres projetées par le volcan et délayées par les pluies. Les habitants ont été anéantis jusqu'au dernier. Çà et là, nous découvrons des squelettes, encore enveloppés de leurs sarongs multicolores. Des touffes de longs cheveux noirs adhèrent aux crânes luisants. Des objets mobiliers, des débris de toute sorte jonchent le sol; tout est confondu dans un affreux désordre; et, de la puissante végétation que l'on admirait dans ces terres privilégiées, il ne reste plus qu'un chaos de troncs énormes, blanchis et desséchés, à demi enfouis sous la cendre.

Enfin nous nous dirigeons sur Krakatau, but principal de notre expédition. Une moitié de l'île est restée, formant du côté du nord une falaise à pic dont le sommet s'élève à 822 mètres. L'autre moitié a été projetée dans les airs et s'est abîmée dans les profondeurs de l'Océan.

Nous cherchons à débarquer, mais à chaque instant des pierres se détachent, bondissent sur les pentes presque verticales avec un fracas semblable au crépitement d'une fusillade, tournoient dans les airs et viennent

s'engloutir dans la mer, autour de notre canot. Nous nous éloignons en toute hâte; plus loin, nous trouvons un point abordable où mes compagnons peuvent recueillir sans danger de nombreux échantillons de roches.

Sur les îles voisines, Lang et Verlaten, autrefois si verdoyantes, la couche de cendres projetées atteint une épaisseur de 30 mètres. Leur étendue a doublé. Sur Krakatau, la couche de cendres solidifiées est bien plus épaisse encore, et les profondes crevasses formées par l'action des pluies lui donnent, à distance, l'aspect d'un glacier. Que ne lui en donnaient-elles aussi la fraîcheur bienfaisante! Car je ne me rappelle pas, dans aucun de mes voyages, avoir autant souffert de la chaleur que sur ces terres désolées.

Les résultats scientifiques de notre voyage sont du domaine de MM. Bréon et Korthals. Je n'en parlerai donc pas, me bornant à constater que nous avons été les premiers à signaler la disparition des trois nouvelles îles qui s'étaient formées au lendemain de la grande convulsion des 26 et 27 août 1883.

Après un repos de quelques jours à Buitenzorg, où le climat est moins brûlant qu'à Batavia, nous résolûmes de visiter la belle province des Préangers. Justement le chemin de fer venait d'être ouvert jusqu'à Bandong, à 216 kilomètres au sud-est de Batavia. Toute cette partie de Java est ravissante, et, grâce à l'altitude de la contrée, qui est de 500 à 600 mètres, un air plus frais permet d'admirer sans réserve la nature tropicale, qui se révèle ici dans toute sa spendeur.

Bandong est un centre d'excursions intéressantes. On y trouve un bon hôtel; les routes, dans les environs, sont excellentes et on peut facilement se procurer de petites voitures indigènes. Un jour nous fîmes l'ascension du volcan Tankouban-Prahou, en malais, *bateau renversé*, à cause de sa forme arrondie qui lui donne une certaine ressemblance avec la quille d'un navire. Au village de Lembang, nous quittons notre modeste équipage pour nous engager à pied au milieu des vergers et des champs de caféiers. Plus haut, le sentier serpente à travers de superbes plantations de quinquina en plein rapport. A la hauteur de 1,600 mètres les cultures cessent; nous sommes sur la limite de la forêt vierge. De rapides zigzags sous les fougères arborescentes, entre deux murailles végétales que mille variétés de lianes et de philodendrons rendent absolument impénétrables, nous conduisent au point culminant, à 2,100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le Tankouban-Prahou offre une particularité remarquable : il possède deux cratères jumeaux séparés par une arête étroite. L'un d'eux paraît assez tranquille; quelques fumerolles s'échappent sans bruit du fond de l'abîme. Mais, dans l'autre, un ronflement terrible et continu accompagne

l'émission de puissants jets de vapeur qui font bouillonner les eaux d'un petit lac.

Cette ascension, assez facile, nous avait mis en goût. Le 11 juin, nous nous trouvions à l'hôtel du sanitarium de Sindanglaya, où les Hollandais de Batavia viennent de temps en temps chercher, à une altitude de 1,070 mètres, un refuge contre les chaleurs énervantes de la plaine. C'est de ce point que nous avons fait l'ascension du volcan Ghédé, dont la hauteur dépasse 3,000 mètres. Partis à neuf heures du soir avec six guides malais porteurs de torches et de provisions, nous ne sommes rentrés à l'hôtel que le lendemain à cinq heures de l'après-midi : nous avions marché pendant vingt heures consécutives, sans avoir pris en tout plus de deux heures de repos. Cette course en pleine forêt vierge a été excessivement pénible, mais nous en avons été amplement récompensés par les magiques tableaux qui se sont offerts à nos yeux. Sous les grands arbres, l'effet produit par la rouge lueur des torches et la blanche lumière de la lune était réellement merveilleux. Jamais je n'oublierai cette nuit féerique! Nous avons passé deux heures aux abords du cratère. M. Bréon qui avait emporté son appareil photographique, a réussi à prendre plusieurs vues, non seulement au sommet de la montagne, mais encore pendant la descente, qui m'a paru interminable, plus fatigante peut-être que la montée.

Trois jours après cette mémorable ascension, M. Bréon et moi nous embarquions pour Samarang, d'où une voie ferrée nous conduisit dans les provinces centrales, indépendantes dit-on, mais de nom seulement, et sous l'œil vigilant des résidents. Toutefois, c'est dans cette partie de Java que se sont le mieux conservés les usages du temps passé.

Nous visitons d'abord la grande ville de Solo, résidence d'un fantôme d'empereur qui touche 125,000 francs par mois du gouvernement des Indes; puis Djokjokarta, où nous fûmes présentés à un sultan également indépendant, toujours sous les canons de la Hollande. De plus, empereur et sultan sont flanqués, chacun dans leur capitale, d'un autre prince indigène, leur rival naturel, qui touche un traitement dix fois moins élevé, mais a le droit d'entretenir une petite armée. Enfin, comme couronnement du système politique au moyen duquel 20,000 Européens gouvernent paisiblement 23 millions de Javanais, une forteresse hollandaise occupe le centre de chaque ville, juste en face du *Craton*, nom que l'on donne aux palais des souverains indigènes.

Dans les environs de Djokjokarta se trouvent disséminées un grand nombre de ruines d'édifices bouddhistes, dont le plus célèbre est le Boro-Boudor. Même après les temples cambodgiens d'Angkor que j'avais visités en 1881, le Boro-Boudor, avec ses immenses galeries décorées de bas-reliefs fouillés avec un art infini, me produisit une impression des plus

profondes, et je n'hésite pas à le classer parmi les merveilles du monde.

L'ascension du beau volcan Mérapi, dominant d'une hauteur de 2,866 mètres les plaines fertiles qui s'étendent entre Solo et Djokjokarta, nous demanda trois jours entiers. La raideur des dernières pentes nous la rendit assez pénible, mais nous ne regrettâmes point nos fatigues en présence des sublimes beautés de la nature dans ces hautes régions.

Cinq jours après, le 30 juin, je me trouvais, toujours en compagnie de M. Bréon, au sommet d'un autre volcan, le Bromo, à 400 kilomètres à l'est du Mérapi. De cet observatoire naturel, situé à une altitude de 2,400 mètres, j'apercevais dans toute sa majesté le roi des volcans de Java, le Smérou, dont le cône fumant, point culminant de l'île, s'élève à une hauteur de 3,800 mètres.

Dans les environs de la jolie ville de Malang, j'eus l'occasion de voir de curieuses ruines brahmaniques. De là, je me rendis à Sourabaya et, après avoir visité cette grande ville, seconde capitale de Java, une ligne de chemin de fer, récemment achevée et longue de 371 kilomètres, nous ramena, dans la même journée à Samarang.

Ma dernière excursion à Java fut la visite de la grande forteresse d'Ambarawa, au pied du volcan Merbabou, à 72 kilomètres de Samarang.

Le 9 juillet, à Batavia, je disais adieu aux aimables compagnons que j'avais été heureux de rencontrer deux mois auparavant et, désormais seul, je montais sur le *Roma*, grand steamer appartenant à la Compagnie *British India*, qui entretient des communications régulières entre Londres et les ports de Queensland, par le détroit de Torrès.

Pendant les deux premières journées nous longeons, à une faible distance, la côte nord de Java embellie par les lignes hardies de ses nombreux volcans; puis on passe successivement en revue l'île basse de Madura, les pics volcaniques de Bali et de Lombok, les terres montagneuses de Sumbawa et de Florès, enfin la grande île de Timor, que l'on dépasse vers la fin du cinquième jour. A cette époque de l'année, cette navigation est charmante. La mer des Moluques est tranquille comme un lac; la température, vraiment délicieuse, se maintient, de jour comme de nuit, à 26°.

Nous perdons de vue la terre pendant trois jours, au large du golfe de Carpentarie et, le 18 juillet, nous arrivons à Thursday Island (île du Jeudi), notre premier point de relâche. Ce poste avancé des colonies australiennes occupe le centre d'un petit archipel montagneux et boisé, situé au milieu du détroit de Torrès, entre l'Australie et la Nouvelle-Guinée.

Plus loin on s'engage dans les eaux tranquilles et peu profondes de la mer de Corail, abritée de la houle du large par la grande barrière de récifs qui, pendant plusieurs centaines de lieues, suit une direction parallèle au continent australien. La route est semée d'une infinité d'îles et d'îlots, les

uns semblables à des corbeilles de verdure posées sur les flots, les autres simples bancs de sable à fleur d'eau. Ces parages, autrefois réputés fort dangereux, sont maintenant parfaitement connus, balisés et éclairés. Aussi la navigation y est-elle très active, car le nord du Queensland, colonisé d'abord par une population de mineurs, prend de jour en jour plus d'importance, grâce au progrès de l'industrie sucrière.

Successivement nous faisons escale à Cooktown, Townsville, Bowen, Mackay et Rockhampton. A chacun de ces ports un certain nombre d'émigrants quittent joyeusement le navire, et le *Roma*, en arrivant à Brisbane, terme de son voyage, n'a plus guère à son bord que le quart de ses passagers. Nous étions alors au 27 juillet : notre traversée avait duré dix-huit jours.

La colonie de Queensland occupe tout le nord-est du continent australien. Elle n'a une existence propre que depuis 1860. Ses 220,000 habitants sont répartis sur un territoire immense, quatre fois plus grand que la France et également propre aux cultures des pays tropicaux et tempérés. Brisbane, sa capitale, est une ville de 36,000 âmes ; elle n'offre rien de particulièrement intéressant et je n'y séjournai que peu de temps. D'ailleurs j'avais hâte de pénétrer dans l'intérieur, ce qui m'était facile, car une voie ferrée, qui atteindra plus tard le golfe de Carpentarie, est livrée à la circulation jusqu'à Mitchell, sur les bords de la rivière Maranoa, à 600 kilomètres du chef-lieu de la colonie.

J'ai fait ce long trajet dans des wagons confortables. Cette rapide excursion m'a permis de me rendre compte de la différence qui se manifeste graduellement entre la puissante végétation des montagnes de la côte, et celle des grandes plaines de l'intérieur, où, par suite du manque d'eau et de la rareté des pluies, le sol ne convient guère qu'à l'élevage des moutons. Assurément le paysage australien est monotone, mais il est loin d'être dépourvu de charmes pour qui l'étudie dans ses détails.

Le 2 août, je reprenais la mer, et, quarante-huit heures après, j'entrais dans la baie de Sydney, qui passe, à juste titre, pour l'une des plus belles du monde.

Sydney, capitale de la Nouvelle-Galles du Sud, est la plus ancienne ville d'Australie. Sa population, qui tend sans cesse à augmenter, atteint aujourd'hui 250,000 âmes. Son aspect est celui d'une cité anglaise de premier ordre. Elle possède de beaux monuments et un superbe jardin botanique. Ses principales rues sont bien bâties, ornées de riches magasins et très animées ; enfin, ses environs sont charmants.

J'y ai reçu, de toutes les personnes que j'ai visitées, un accueil empressé. Le premier ministre ayant bien voulu mettre à ma disposition un permis de circulation (*free pass*) sur les chemins de fer, qui tous sont la propriété de l'État, j'en ai largement profité.

J'ai visité d'abord la florissante cité de Newcastle, port principal d'expédition de la houille, dont il existe d'inépuisables gisements dans les environs; de là, continuant ma route vers le nord, je me suis rendu, par une voie ferrée, longue à peu près de 500 kilomètres, et qui se reliera prochainement au réseau queenslandais, à Armidale, et Glen-Innes, petites villes situées dans un district agricole qui a reçu le nom de Nouvelle-Angleterre, à cause de son climat plus froid, dû à une altitude de 1,000 à 1,200 mètres.

De retour à Sydney, j'en suis reparti bientôt, cette fois dans la direction de l'ouest, et j'ai suivi dans toute son étendue la ligne qui, franchissant au moyen de zigzags la barrière des montagnes Bleues, se dirige vers la ville de Bourke, sur la rivière Darling. Elle est maintenant terminée; mais, à l'époque de mon passage, la dernière section livrée à l'exploitation s'arrêtait à Byrock, à 733 kilomètres de la côte.

Là, j'ai assisté à la naissance d'une ville australienne. Un mois auparavant, ce n'était qu'une plaine déserte semée de rares eucalyptus. Cependant, j'y ai vu plusieurs hôtels, des boutiques bien approvisionnées, des salles de billard, etc. Deux grandes rues s'alignent le long du chemin de fer; d'autres rues transversales sont amorcées. Partout on cloue des planches, on déballe des marchandises, on dresse des tentes; des Chinois (on les trouve partout où il y a quelque argent à gagner) campent sous des huttes de branchages. Ce qu'il y a de plus surprenant, c'est que toute cette activité a pour théâtre un sol couleur chocolat, qui serait peut-être très fertile s'il était irrigué, mais qui pour le moment est absolument dépourvu d'eau, à tel point que c'est le chemin de fer qui doit subvenir à la consommation des habitants.

J'ai franchi en 19 heures, dans un luxueux wagon-lit, éclairé au gaz, la distance de 928 kilomètres qui sépare Sydney de Melbourne.

La capitale de la colonie de Victoria n'a guère que 45 années d'existence, mais c'est la grande métropole commerciale et la cité la plus peuplée d'Australie; avec ses faubourgs, elle n'a pas moins de 300,000 habitants. Elle possède de beaux monuments et un jardin botanique, rival de celui de Sydney.

A 40 lieues de Melbourne, j'ai visité Ballarat, dont la fondation remonte à une trentaine d'années et qui maintenant est une belle ville de plus de 40,000 âmes, ornée d'édifices, de jardins et de promenades qui ne dépareraient pas une capitale européenne. Son prodigieux développement est dû à ses mines d'or, les plus riches peut-être du monde entier. Elles ont été découvertes en 1851 et sont encore exploitées aujourd'hui avec profit.

J'ai passé une semaine entière dans le Gippsland, contrée pittoresque, la plus belle et la plus riche de toute l'Australie. J'ai traversé ses plaines fertiles et vu ses lacs romantiques, peuplés de cygnes noirs, véritable paradis des amateurs de pêche et de chasse. Chez M. Hubert de Castella,

j'ai visité le plus beaux vignobles de la colonie: enfin, dans certains ravins des Alpes australiennes, j'ai pu admirer des forêts d'eucalyptus géants. Sous ces colosses végétaux, hauts de 100 mètres et même davantage, croissent de gracieuses fougères arborescentes qui atteignent parfois de 30 à 40 pieds d'élévation.

Je n'ai pas voulu quitter l'Australie sans faire une rapide excursion en Tasmanie. De Melbourne, la traversée du détroit de Bass demande vingt heures. Les steamers remontent jusqu'à Launceston, seconde ville de la Tasmanie, située à 40 milles dans l'intérieur, sur les bords de la large rivière Tamar. De là, un chemin de fer à voie étroite conduit à la capitale Hobart-Town, à 214 kilomètres plus loin, au sud-est de l'île. Le pays est accidenté, bien arrosé, riche en pâturages et en fertiles vallées. Parfois je me croyais en Bretagne, à l'aspect de campagnes bien cultivées, de champs et de prairies bordées de bois épineux ou bien d'ajoncs à fleurs jaunes.

Hobart est une jolie petite ville de 25,000 habitants, agréablement située sur les bords d'une baie éminemment pittoresque. Les hautes montagnes auxquelles elle est adossée étaient alors en partie couvertes de neige; c'était à la fin d'août, et ce mois, en Tasmanie, correspond à notre mois de février. Le climat est délicieux; sa fraîcheur relative attire chaque année de nombreux touristes australiens, qui viennent chercher dans cette Suisse australe un refuge contre les chaleurs de l'été.

Le 11 septembre, je quittais définitivement Sydney, à destination de la Nouvelle-Calédonie. La distance n'e que de 1 080 milles (2 000 kilomètres) et on la franchit aisément en 4 ou 5 jours. Cependant quinze longues journées devaient s'écouler avant qu'il me fût permis de prendre terre à Nouméa. Quelques cas de petite vérole s'étaient manifestés à Melbourne, et le conseil sanitaire de notre colonie venait d'imposer une quarantaine rigoureuse que j'ai dû subir à l'îlot Freycinet, entre la presqu'île Ducos et l'île Nou, à l'entrée de la rade.

Lorsqu'on vient de quitter ces grandes et belles cités d'Australie, avec leurs édifices somptueux, leurs vastes artères où circule une foule affairée, leurs promenades et leurs parcs plantés de beaux arbres, leur ceinture de villas et de jardins, leurs populeux faubourgs qui se prolongent au loin dans une campagne bien cultivée, on ne peut se défendre d'une pénible impression en voyant Nouméa. Pour la première fois, depuis six mois que j'avais quitté la France, je foulais un sol français. Mais que dire de cette triste bourgade, avec ses maisons basses, ses bicoques en planches et en tôle, ses rues négligées et presque désertes, ses grandes places sans ombre, ses bazars et ses bars où l'on parle plutôt l'anglais que le français? Vraiment je me faisais une tout autre idée de la capitale de la Nouvelle-Calédonie.

Ajoutons toutefois que mon impression est devenue meilleure à la suite

d'une tournée que j'ai faite sur un petit steamer, l'*Ocean queen*, le long de la côte orientale, jusqu'à la pointe nord de l'île. Ce petit voyage a duré une semaine. Chaque jour, on faisait une ou deux escales de quelques heures; naturellement, je ne perdais pas une occasion d'aller à terre, et, à partir de Canala, j'ai vu de fort jolis endroits, de belles rivières, des sites extrêmement pittoresques et de superbes forêts.

Je ne parlerai ni du bagne de l'île Nou, ni des environs de Nouméa, Païta, les établissements de la Mission Saint-Louis, etc., que j'ai visités au retour de l'excursion martime dont je viens de parler. Tout cela a été décrit bien des fois.

Je préfère entrer dans quelques détails sur un voyage très intéressant que j'eus l'occasion de faire dans l'archipel encore si peu connu des Nouvelles-Hébrides, à bord de l'éclaireur d'escadre *le Duchaffaut*, et en compagnie de M. Higginson, l'homme dont le nom est le plus populaire en Nouvelle-Calédonie.

Nous quittons Nouméa le 13 octobre. Le lendemain nous touchons à Lifou, la plus grande des îles Loyalty, bien différente d'aspect de la Nouvelle-Calédonie. Elle est formée de rocs coralliques soulevés en plusieurs terrasses distinctes, à une élévation de 60 à 70 mètres. Le sol est rocailleux ; cependant la végétation est fort belle et le cocotier réussit parfaitement, ce qui est fort heureux pour les habitants, qui n'ont guère pour se désaltérer que le liquide contenu dans les noix de coco, le pays étant dépourvu d'eau douce. Les indigènes paraissent plus intelligents que les Néo-Calédoniens et font, dit-on, d'excellents marins.

En quittant Lifou le *Duchaffaut* fait route au nord, se dirigeant vers l'île Sandwich, qui occupe la partie centrale des Nouvelles-Hébrides, à 200 milles du groupe des Loyalty et à 330 milles (600 kilomètres) de Nouméa. Le lendemain nous sommes au mouillage de Port-Vila, en face d'un grand magasin appartenant à la compagnie Néo-Hébridaise, fondée récemment par M. Higginson. L'île Sandwich passe pour la plus belle du groupe. Elle est peu élevée, couverte de forêts luxuriantes et présente un aspect véritablement enchanteur. Quelques plantations y ont été faites dans ces dernières années.

Le *Duchaffaut* a passé huit jours aux Nouvelles-Hébrides. Presque chaque jour on changeait de mouillage, et j'ai pu ainsi visiter plusieurs points de l'île Sandwich, et aussi de celle d'Api, à une centaine de milles plus au nord. Je passais la plus grande partie de mes journées à terre. En compagnie des officiers du bord, j'allais rendre visite aux indigènes dans leurs villages, et plusieurs fois nous nous sommes trouvés au milieu d'une cinquantaine d'hommes, de femmes, de jeunes filles et d'enfants: tous ces gens étaient dans un état de nudité presque complet. En échange de bâtonnets de tabac américain (c'est la monnaie courante du pays), nous

cherchions à nous procurer des arcs, des flèches, des casse-tête et autres curiosités destinées à figurer à l'exposition d'Anvers. A l'aide de quelques mots d'anglais on finissait toujours par s'entendre. D'ailleurs l'attitude des indigènes n'a jamais cessé d'être amicale; sur un signe, ils s'empressaient de grimper aux arbres pour nous offrir leurs meilleurs fruits. Cependant les Néo-Hébridais ont souvent fait preuve d'un caractère perfide dans leurs rapports avec les blancs, et de récents événements ont montré qu'ils sont encore anthropophages. Il faut dire aussi que maintes fois ils ont été traités avec injustice et cruauté par les équipages des goëlettes qui viennent recruter, dans leurs îles, des travailleurs pour les plantations du Queensland et des Fidji : de là des représailles sanglantes.

Le 28 octobre, je quittais la Nouvelle-Calédonie à bord du transport aviso *la Vire*, à destination de Tahiti. En ligne droite, la distance entre ces deux points n'est que de 800 lieues marines, mais nous en avons fait près de 1 000 en allant chercher jusque vers le 28ᵉ degré sud des vents, qui du reste se sont obstinés à nous faire défaut. Après une traversée de 20 jours, sans autres incidents que le doublement du lundi 3 novembre, au passage du 180° degré et la vue de la petite île de Rimatéra, qui fait partie de l'archipel des Tubuaï, la *Vire* mouillait sur rade de Papeete.

Tahiti présente de tous les côtés l'aspect d'un bouquet de verdure. Ses montagnes sont très élevées; de loin elles paraissent noirâtres, mais, à mesure que l'on approche, elles prennent une teinte verte de plus en plus agréable.

A la vue de cette nature privilégiée où règne un printemps éternel, on éprouve un profond sentiment d'admiration. Cette première impression est d'autant plus vive, que pour atteindre cette terre perdue dans les solitudes du Pacifique, il a fallu nécessairement passer par les épreuves d'un voyage monotone où, durant de longues journées, on n'a eu que le ciel et l'eau pour horizon.

Je suis resté un mois à Tahiti. Avec quelques compagnons choisis, j'ai fait, partie en voiture, partie en canot, le tour entier de l'île. Nous avons consacré huit jours à cette promenade de 240 kilomètres. Nous n'avions garde de nous presser, car partout le pays est ravissant. Chaque nuit, je recevais l'hospitalité chez les chefs du village. Que de soirées délicieuses j'ai passées, assis sous les cocotiers, écoutant la grande voix de la mer qui se brisait sans relâche sur les récifs de corail!

L'intérieur de l'île est inhabité et à peu près rendu inaccessible par la végétation inextricable qui couvre les montagnes de la base au sommet. Le point culminant s'élève à 2200 mètres. D'innombrables cascades descendent des hauteurs et donnent naissance à une infinité de ruisseaux, dont l'eau fraîche et limpide court en murmurant sous un épais dôme de feuillage. J'ai été voir la plus celèbre de toutes, la Fataoua qui, à une

altitude de 600 mètres, se précipite d'un seul jet dans une sombre vallée, à 200 mètres plus bas.

Après Tahiti, j'ai visité sa voisine Mouréa, dont j'ai fait également le tour à pied et en canot. C'est une vraie perle, plus charmante encore, s'il est possible, que la grande île. Aussi je suis loin de regretter les six jours que m'a demandés ce petit voyage.

La capitale, Papeete, n'est qu'une bourgade sans prétention. Cependant elle m'a beaucoup plu, avec ses petites maisons cachées sous les plantes grimpantes, ses bois de cocotiers, ses rues tapissées d'une herbe fine et bordées de manguiers chargés de fruits, son marché si animé où, matin et soir, se donnent rendez-vous les Tahitiennes, couronnées de fleurs, indolentes et rieuses. J'aimais aussi sa rade paisible aux flots transparents, et ses rivages enchanteurs d'où, à l'heure du soleil couchant, on voit si bien se dessiner sur l'horizon empourpré les pics fantastiques de Mouréa !

Physiquement la race tahitienne est belle, bien développée, vigoureuse. Son caractère est resté aimable et doux, mais elle n'a rien gagné au contact de la civilisation que nous lui avons apportée et dont elle n'avait que faire. Aujourd'hui elle achève de perdre le peu d'originalité qui lui reste et qui faisait autrefois son charme principal.

Tahiti n'est encore relié au reste du monde par aucun service à vapeur. C'est une simple goëlette qui, vers le 15 de chaque mois, porte le courrier et les passagers de Papeete à San-Francisco. La durée moyenne de la traversée est de 30 à 35 jours, pendant lequels on n'a en vue aucune terre ; et, comme la route suivie est en dehors des grandes lignes de navigation qui sillonnent le Pacifique, on est à peu près certain de ne rencontrer aucun navire.

J'ai quitté Tahiti le 16 décembre, à bord du *City of Papeete*, bonne petite goëlette de 360 tonneaux, sous pavillon américain. Le capitaine était allemand ; l'équipage, danois, norvégien et américain, se composait de huit hommes, plus un cuisinier nègre et un domestique hindou. Nous étions quatre passagers: un lieutenant de vaisseau de la marine française, deux missionnaires allemands et moi.

La première partie de notre voyage a été franchement mauvaise. Nous avons eu à subir quinze jours de calme entre le 10ᵉ et le 5ᵉ degré sud, et ce n'est que vingt et un jours après notre départ que nous avons franchi l'équateur. Mais, dans ces sortes de traversées, il s'établit presque toujours une compensation : nous avons rencontré, de ce côté de la ligne, des vents frais de l'est, puis du sud-est, qui nous ont poussés rapidement dans la direction des Hawaï d'abord, puis de San-Francisco ; de sorte que, le 25 janvier 1885, après quarante jours passés à la mer, nous étions en vue de Golden-Gate, la fameuse Porte d'Or de la Californie.

Les dernières dépêches télégraphiques reçues à Tahiti portaient la date du 30 octobre; il y avait donc près de trois mois que nous n'avions aucune nouvelle du reste de l'univers.

En arrivant à San-Francisco, il me semblait que mon voyage était terminé. En effet, dans cette grande ville, que je connaissais déjà pour l'avoir visitée en 1876, je me retrouvais en communication journalière avec l'Europe; je recevais des lettres et des journaux de France, ayant seulement quinze jours de date. Après tant de mois passés à courir le Pacifique, je me sentais à mon aise en ce beau pays de Californie. Parfois même je me figurais que je n'avais plus qu'un pas à faire pour rentrer à Paris; et cependant j'en étais encore à une dizaine de milliers de kilomètres en ligne droite, et je devais même singulièrement augmenter cette distance par le détour que je me proposais de faire en passant par le Mexique.

Depuis le mois de mai 1884, le réseau des chemins de fer mexicains est relié à celui des États-Unis, de sorte que, soit de San-Francisco, soit de New-York, on peut se rendre directement en sleeping-car à Mexico.

Le 31 janvier, je quittais San-Francisco, muni d'un billet direct pour la capitale du Mexique. Je l'avais payé 113 dollars, soit 593 francs, ce qui n'est pas bon marché, car la distance ne dépasse guère 4 000 kilomètres. Mais, comme on me l'avait dit: *no competition*, il n'y a pas de concurrence!

J'ai passé un jour entier à Los-Angeles, à 778 kilomètres au sud de San-Francisco. C'est une jolie ville de 30,000 âmes, au milieu d'une campagne fertile, où d'innombrables orangers étaient alors chargés de leurs fruits d'or.

Grâce à la disposition des wagons, qui sont de véritables chambres roulantes, les longs trajets se font, en Amérique, avec une fatigue infiniment moindre que chez nous. Trente-quatre heures de voyage à travers les déserts de l'Arizona et du Nouveau-Mexique, où, en fait de végétation, on ne rencontre que des arbustes rabougris et des cactus géants, m'ont conduit à El-Paso (Texas), sur le Rio-Grande del Norte. Le fleuve sert de limite aux deux républiques. Sur sa rive droite, la petite ville mexicaine de Paso-del-Norte, avec ses rues étroites, ses vieilles maisons basses et ses boutiques sombres, offre un contraste parfait avec sa voisine américaine d'en face, aux larges avenues sillonnées de tramways, bordées de luxueux magasins et de constructions neuves, en fer et en briques.

Le *Mexican Central* est aussi confortable que les chemins de fer des États-Unis. Un nouveau trajet de 1600 kilomètres m'a conduit par Chihuahua et Zacatecas à la grande et intéressante cité de Guanajuato, qui m'a rappelé l'Espagne, mais avec une couleur plus éclatante et un cachet encore plus original. Dans les environs j'ai visité une célèbre mine d'argent, la plus ancienne et la plus riche du Mexique.

Pressé par le temps, j'ai dû passer sans m'arrêter à Queretaro, dont le nom rappelle la mort tragique de l'infortuné Maximilien, et je suis arrivé le 8 février à Mexico.

Je n'ai consacré que cinq jours à la capitale du Mexique. C'est peu; cette grande et belle ville de 300,000 âmes demande mieux. Cependant j'ai pu visiter à loisir la cathédrale et le musée si intéressant des antiquités mexicaines; et aussi faire les excursions classiques de Guadalupe et Chapultepec.

Quittant à regret Mexico, j'ai visité l'importante cité de Puebla, célèbre par les combats que nos troupes ont livrés sous ses murs; puis Cholula, l'ancienne capitale aztèque, située au pied des volcans Popocatepetl et Istaccihualt, hauts de plus de 5000 mètres et couronnés tous deux de neiges éternelles. Ensuite, quittant les Hauts Plateaux, ou Terres froides, d'une altitude de 2 300 à 2 800 mètres, à travers lesquels j'avais voyagé depuis que j'avais franchi la frontière du Mexique, je suis descendu en Terre tempérée, à Orizaba. Là, à une altitude de 1 200 mètres, j'ai trouvé un climat délicieux, un pays fertile et bien arrosé, très pittoresque, avec une végétation splendide.

Le chemin de fer de Mexico à la mer est une merveille. Sa construction a présenté d'énormes difficultés; néanmoins il est solidement établi et, maintenant, ce trajet, qui demandait autrefois une semaine, s'accomplit régulièrement en 16 heures. C'est une des plus belles routes que je connaisse, et par la variété des points de vue et par l'étendue des panoramas qui se déroulent sous les regards du voyageur.

Vera-Cruz, la sinistre capitale des Terres chaudes, m'a laissé une impression moins défavorable que celle à laquelle je m'attendais. Il est vrai que nous nous trouvions encore dans la saison froide et qu'il n'y était pas question de fièvre jaune. Un petit chemin de fer à voie étroite conduit, sur les bords d'une fraîche rivière, à Medellin, où j'ai passé agréablement un après-midi.

Cependant, l'heure du retour avait sonné.

Le 18 février, j'avais comme un avant-goût de la France, en montant à bord du beau steamer transatlantique *la Ville-de-Brest*. Aux escales de la Havane, du Cap-Haïtien, de Porto-Rico, j'ai pu passer quelques heures à terre, et une journée entière à Saint-Thomas, où l'on prend la correspondance de la Guyane et des petites Antilles.

Le 8 mars, nous passons au milieu des Açores, en vue de Fayal. Le 12, on signale les côtes de la Galice; il fait froid, la mer est grosse. Le lendemain nous entrons à Santander; mais on n'y reste guère: capitaine, officiers et passagers, tout le monde est pressé de rentrer chez soi. Chacun fait ses malles pour n'être pas en retard à l'heure du débarquement. Nous voici de nouveau en route; cette fois, c'est

notre dernière étape, le golfe de Gascogne : affaire de 20 heures seulement, car le chef mécanicien ne songera certainement pas à faire des économies de charbon.

Le 14 au matin, le phare du Pilier, à Noirmoutiers, est en vue. Peu après la mer prend une couleur jaunâtre : nous sommes à l'embouchure de la Loire. Devant nous, une côte basse, grise, avec des arbres dépourvus de feuilles, et des points blancs qui sont des maisons; cette terre c'est la France, c'est le port de Saint-Nazaire.

Le lendemain, 15 mars 1885, j'avais refermé le cercle ; j'étais de retour dans ce Paris que j'avais quitté une année auparavant jour pour jour. Durant ce voyage d'une année, j'ai passé exactement la moitié de mon temps en mer et j'ai parcouru une distance totale de 73,000 kilomètres dont 15,000 seulement par terre.

M. R. de LANNOY de BISSY

Chef de bataillon du Génie.

LA CARTE D'AFRIQUE AU 1/2.000.000

— Séance du 17 août 1885 —

Messieurs,

J'ai l'honneur de présenter au Congrès, au nom du Ministre de la Guerre, 38 feuilles d'une carte d'Afrique au deux-millionième, dont le service géographique de l'armée a entrepris la publication en 1881, ainsi que les quatre premières livraisons des notices correspondant à 24 de ces feuilles. (La planche XIV, numérotée XIX par erreur, est la carte d'assemblage des feuilles.)

Ce travail a été commencé, il y a onze ans, dans cette même ville de Grenoble où nous sommes réunis. Je n'avais alors qu'un but : celui qui anima Anthony Rich quand il composa son dictionnaire des antiquités romaines et grecques, à savoir : *le développement de mon instruction et mon amusement personnel.* Je ne soupçonnais pas que le continent africain, si noir, si mystérieux, allait devenir dans un temps très rapproché l'objet des préoccupations de l'Europe entière. Et, cependant, ce fut le même événement qui, d'un côté, mit à ma main le crayon du cartographe et de l'autre fit sortir l'Europe de son état d'indifférence à l'égard du pays des nègres. Cet événement retentissant a été la mort de Livingstone, arrivée le 4 mai 1873.

Depuis plus de trente ans, cet infatigable explorateur parcourait l'Afrique du cap de Bonne-Espérance à l'Équateur, de l'océan Atlantique à la mer des Indes. Parti d'Angleterre comme missionnaire en 1840, il s'était fixé successivement à Kolobeng et à Kourouman, d'où il fit quelques reconnaissances dans le Transvâl et le Kalahari. Il découvrit le lac N'gami, arriva ensuite au Zambèse, d'où il chercha, dans un but philanthropique, à ouvrir des routes commerciales aux nègres Makololo vers Loanda d'une part, et Quilimané de l'autre.

La première reconnaissance du Zambèse fut suivie d'une exploration plus détaillée de ce fleuve et de ses affluents principaux, le Chiré et le Nyassa. De découvertes en découvertes, le désir de résoudre entièrement le grand problème des sources du Nil s'était emparé de son esprit. C'est alors qu'il parcourut les bords du Tanganyika, découvrit à Nyangoué le grand fleuve Loualaba, et, ne pouvant lui arracher son secret, voulut au moins étudier ses sources, sur les rives desquelles la mort vint le surprendre à Kabinda, chez Tchitambo, qui habitait auprès du lac Bangouéolo.

Vous vous rappelez encore avec émotion les pages si palpitantes où Stanley raconte dans son premier ouvrage sa rencontre avec Livingstone à Oudjidji. Vous n'avez pas oublié, non plus, le *dernier journal* de Livingstone et la conduite admirable de ses serviteurs nègres Chouma, Souzi et Jacob Wainright, bravant mille dangers pour ramener dans sa patrie la dépouille de leur maître vénéré; permettant ainsi à l'Angleterre de s'honorer en ensevelissant Livingstone à l'abbaye de Westminster et au monde géographique de profiter des découvertes faites pendant les six dernières années d'exploration du voyageur.

L'émotion que vous avez eue, je l'ai vivement ressentie. Elle rendit plus vif mon désir de me rendre un compte exact et raisonné des travaux de Livingstone et me fit rechercher toutes les cartes qui avaient été publiées sur ses voyages. Je trouvai un grand nombre de cartes de détail excellentes, principalement dans le recueil géographique de Gotha, intitulé : *Petermann's geographische Mittheilungen*, mais aucune carte générale à grande échelle. Toutes étaient à des échelles si petites, qu'il était impossible, en les consultant, de se rendre exactement compte, par une vue d'ensemble, de l'importance des progrès accomplis dans la géographie.

Cette carte générale, susceptible de comporter avec quelques détails les voyages accomplis et les routes obtenues par renseignements, j'ai cherché à l'établir : c'est celle dont vous avez une partie sous les yeux. Si j'ai pu la mener à bien, c'est grâce à la bonne fortune qui m'amena à Paris en 1876.

Je trouvai dans la bibliothèque de la Société de géographie, puis dans les Archives des cartes du Ministère de la guerre, une foule de docu-

ments. Je les ai rapprochés, coordonnés entre eux et fondus dans une carte au deux-millionième. Quatre recueils m'ont principalement servi :

En premier lieu, les *Mittheilungen*, dont je vous ai parlé plus haut, recueil remarquable et indispensable à qui veut se livrer à l'étude de la géographie.

En second lieu, le *Journal de la Société royale de géographie de Londres*, ainsi que les *Proceedings* de la même société. J'y ai trouvé, particulièrement dans les *Proceedings*, un grand nombre de cartes.

J'ai ensuite consulté avec fruit le *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, et enfin l'ouvrage de M. Henri Duveyrier, intitulé : *Liste des positions géographiques en Afrique*, où sont classées, par ordre alphabétique, toutes les positions de ce continent, déterminées d'une façon exacte ou plausible. Ce recueil de 300 pages, dont vous saisissez la haute utilité et qui a coûté tant de peines et de recherches à son auteur, est malheureusement encore, sauf pour les 37 premières pages, à l'état de manuscrit ; mais M. Duveyrier, en me permettant de le copier, m'a rendu un service signalé, pour lequel je lui envoie de cette enceinte l'expression de ma bien vive reconnaissance.

En outre de ces éléments principaux, j'ai consulté toutes les relations de voyage que j'ai pu me procurer. Ainsi, par exemple, pour l'Afrique septentrionale, je me suis servi des cartes au millionième rédigées par le Dr Petermann, et qui sont jointes au voyage du Dr Barth (édition allemande) ; on y trouve dessiné, avec une grande précision et de nombreux détails, le cours du Niger de Timbouktou à Say. J'ai employé de même, pour le pays des Touâreg, la carte de M. Duveyrier et les itinéraires qui accompagnent la relation de la mission Flatters. Dans l'Afrique australe, les ouvrages de Livingstone, Stanley, Cameron, Capello et Ivens, Thomson, etc.

Ce travail de collationnement, de comparaison et de reconfection est parfois ingrat et malaisé à faire. Il faut souvent passer de nombreuses journées devant un point du dessin à réfléchir et à se demander quel parti on doit prendre. Mais, vous le savez, *il n'est pas de plaisir sans peine ;* si le géographe a parfois des moments difficiles, analogues, quoiqu'à un bien moindre degré, à ceux que supporte sur le sol même de l'Afrique l'explorateur qui peine pour lui fournir des renseignements nouveaux, il est aussi récompensé par la joie de la difficulté vaincue. Il fait en quelque sorte les voyages sur les pas du voyageur dont il a le compte rendu sous les yeux, s'arrêtant en même temps que lui ; il s'associe à ses plaisirs et à ses déboires. L'attachement est bien plus grand encore quand on a entrepris la tâche de traduire en un itinéraire les notes mêmes écrites au jour le jour par le voyageur. On est alors obligé de s'identifier avec lui pour le suivre dans les moindres inflexions de sa route, et, quand le tracé est

terminé, l'itinéraire et les accidents du sol qui l'entourent sont tellement nets dans votre esprit, qu'on les voit véritablement. J'ai eu le plaisir d'éprouver quelquefois ces sensations particulières, et je citerai, par exemple, le temps où je mis en œuvre les matériaux recueillis par le Dr Bayol pendant son voyage de Boké à Timbo et à Médine en 1881.

C'est grâce à ces attraits toujours nouveaux, puisque le cartographe parcourt des régions constamment différentes, que la création d'une carte n'est point une occupation monotone et ennuyeuse. En outre, à mesure qu'on avance, les questions s'éclairent, les vues générales se présentent plus nettement à l'esprit, et l'on arrive, en quelque sorte, à deviner ce qui doit exister sur les parties encore blanches de la carte.

Je vous ai dit en commençant que l'échelle de la carte était le deux-millionième. Cette échelle a le grand avantage de correspondre à une carte de dimensions convenables et cependant suffisante pour comprendre très sensiblement toutes les positions actuellement connues de l'Afrique. Mon expérience actuelle me fait estimer toutefois, que si l'on veut continuer à exprimer clairement dans une carte d'Afrique l'ensemble des résultats acquis, il faudra, avant dix ans, adopter l'échelle du millionième, bien qu'il doive en résulter une carte de neuf mètres de haut, et peut-être même celle du cinq-cent-millième. Les progrès presque journaliers qui ont lieu dans l'Afrique australe, et qui avaient lieu dans le bassin du Haut-Nil avant la venue du Madhi, justifient ma manière de voir.

A l'échelle du deux-millionième, la carte mesure $4^{m},50$ de hauteur sur 4 mètres de largeur. Pour que le lecteur puisse la consulter aisément, nous l'avons divisée en 62 feuilles de 50 centimètres de base sur 40 centimètres de hauteur. Chaque planche représente donc une superficie de 1,000 kilomètres sur 800 kilomètres de côté, c'est-à-dire très sensiblement égale à celle de la surface de la France.

Nous avons adopté pour l'établir la projection orthographique méridienne, celle de toutes les cartes qui représentent l'Afrique dans son ensemble. Toutefois, si les longitudes sont comptées dans les deux sens est et ouest à partir du méridien de Paris, considéré comme méridien initial, le méridien central n'est pas celui qu'on a adopté généralement. Nous lui avons préféré celui de 10 degrés de longitude est, qui répartit mieux les déformations extrêmes de la région septentrionale, du Sénégal et de l'Abyssinie.

Comme vous le voyez par les exemplaires placés sous vos yeux, la carte est publiée en deux éditions : l'une, qui n'est que provisoire, comprend seulement la planimétrie ; la seconde, définitive, porte l'orographie imprimée en couleur au crayon lithographique.

J'appellerai maintenant toute votre attention sur les notices qui accom-

pagnent chaque feuille et qui sont réunies, pour ordre, en livraisons. M. le colonel Perrier, à qui je suis redevable d'avoir pu ainsi éclairer et justifier mon travail, les considéra, le jour où il fut nommé chef du service géographique, comme indispensables. Il fallait, en effet, appeler l'attention du lecteur sur les divisions géographiques représentées par la carte, lui dire quelques mots des États et des mœurs des peuples qui les habitent, et enfin donner une liste des matériaux employés, ainsi que la discussion du mode d'emploi de ces divers éléments.

Si la rédaction des notices lui a donné quelque peine, l'auteur en a été dédommagé par la faveur qui les a accueillies. Certains ont été satisfaits de trouver en quelques pages un aperçu de tant de peuplades aux noms si bizarres, d'autres ont apprécié surtout la partie bibliographique, qui leur évitait des recherches souvent difficiles pour recourir aux sources originales ; enfin, les cartographes et les hommes de science qui font leur occupation de l'étude de la géographie africaine, ont paru goûter particulièrement ces comptes rendus d'un travail cartographique.

Il est très nécessaire, dans l'exécution d'une carte qui n'est encore véritablement qu'une esquisse de l'Afrique, de faire connaître aux géographes les bases sur lesquelles on s'est appuyé, la marche suivie, les hésitations que l'on a éprouvées et le parti auquel on s'est arrêté. — Les points exactement définis sont encore si peu nombreux, un même point présente parfois des variations en longitude si considérables, que le cartographe éprouve de grandes perplexités. Faute de documents précis, il est quelquefois obligé de suivre son inspiration particulière pour résoudre une question. Dans ces conditions, la configuration de certaines contrées peut différer un peu, suivant que l'on s'est appuyé de préférence sur les travaux de tel ou tel voyageur. Il est absolument nécessaire de s'expliquer avec le lecteur. En outre, on ne peut pas toujours porter sur une carte tous les renseignements que l'on possède, quand, par exemple, ces renseignements sont peu précis ou sujets à caution. La notice vient alors à votre aide.

Pour toutes ces raisons, les notices rendent d'utiles services ; elles ont été appréciées, même à l'étranger.

Dans le dessein de compléter les indications que je viens de donner sur l'établissement de la carte d'Afrique, il me reste à exposer succinctement le mode d'exécution pratique de cette œuvre. — Les feuilles sont établies en minutes à l'échelle du deux-millionième. Elles reflètent, par leur aspect, les difficultés plus ou moins grandes auxquelles s'est heurtée la rédaction, c'est-à-dire qu'elles ne pourraient être livrées au public dans cet état.

On les agrandit par la photographie à l'échelle double, ou au millionième. On obtient ainsi, pour chaque feuille, quatre épreuves qui ne sont

pas virées et dont le trait qui constitue la planimétrie est seul repassé à l'encre. De petites croix de Saint-André indiquent cependant la position des sommets montagneux reconnus avec une certaine précision. — Le trait étant refait à une échelle double de l'échelle primitive, et avec les cartes originales sous les yeux, comporte une précision très convenable. On est libre aussi d'apporter toutes les modifications que l'on désire. Quand le trait est terminé, les feuilles sont plongées dans un bain de cyanure de potassium. Le dessin photographique disparaît complètement au bout de quelques minutes, ne laissant sur la feuille que l'encre de Chine. Le papier lavé, séché et encollé, est prêt à recevoir la lettre, qui est exécutée à la main par un dessinateur. On assemble ensuite les quarts de feuille sur une planchette, on trace le cadre, on place le titre, l'échelle, les accessoires, et la nouvelle minute ainsi formée est ramenée par la photographie à l'échelle primitive. L'épreuve qui en est tirée est reportée sur zinc d'après les procédés ordinaires de la photozincographie.

Ces différentes opérations, dont l'énumération peut vous paraître longue, sont en réalité assez vite accomplies. Le principal avantage du procédé est justement la vitesse, auquel il faut ajouter la facilité des écritures par suite de leur exécution à une échelle double des écritures définitives; ce procédé a toutefois deux petits inconvénients : en premier lieu, il présente une certaine difficulté pour conserver à la feuille ses dimensions exactes de 50 centimètres sur 40 centimètres, ce qui provient de l'obligation où l'on est de mouiller les épreuves pour les coller en les assemblant. D'autre part, le report sur zinc de la photographie réduite demande de l'habileté pour que la lettre et le trait ne deviennent pas lourds et peu lisibles. Des zincographes expérimentés ont facilement raison de ces deux difficultés.

Il me reste maintenant à vous signaler sommairement les principaux voyages consignés sur la carte.

Pour l'Afrique septentrionale, vous remarquerez, dans le bassin du Niger et celui du Sénégal, les routes de Mungo-Park, de René Caillié, du major Laing, de Mollien, de Panet, de Bourrel et celle du capitaine Vincent, aujourd'hui colonel. Vous prêterez aussi attention à celles d'Hecquart, du lieutenant Lambert, le héros du célèbre tableau de De Neuville : *les Dernières Cartouches*, et du Dr Bayol. C'est à ces divers voyageurs, dont plusieurs accomplirent leurs explorations par ordre du général Faidherbe, alors gouverneur du Sénégal, que nous devons de connaître d'une façon vraiment assez précise le bassin du Sénégal. A eux aussi est due, ainsi qu'à MM. Zweifel et Moustier, et surtout aux missions Galliéni, Derrien et aux brigades topographiques des expéditions du colonel Borgnis-Desbordes, la connaissance des sources et du cours supérieur du Niger.

Dans le Sahara, les itinéraires de Caillié, de Panet, de Bou el Moghdad, de Rohlfs, d'Henri Duveyrier, et plus récemment ceux d'Oscar Lenz et de la mission Flatters, nous ont donné les grands traits de cette région aride. Jusqu'au commencement du XVII[e] siècle, Timbouktou n'était connue que de nom; le premier Européen qui la visita fut un matelot français, Paul Imbert, amené en captivité en 1630. Ensuite y vinrent le major Laing en 1825, et qui fut assassiné près d'El-Arouan; puis, en 1828, cet énergique René Caillié, qui en rapporta une description, et, en 1853-1854, le D[r] Barth, auquel on doit de connaître son histoire. En 1880, le D[r] Lenz y a séjourné près d'un mois. Jusqu'à présent, ce centre commercial célèbre n'a pas été déterminé astronomiquement.

Mungo-Park est le premier qui ait descendu le Niger; malheureusement il trouva la mort aux rapides de Boussa et ses découvertes furent perdues avec lui. C'est au D[r] Barth que nous sommes redevables du tracé de ce fleuve depuis Kabara, le port de Timbouktou, jusqu'à Say.

Dans le bassin du Niger inférieur, vous reconnaîtrez, à côte des routes de Barth, les routes plus anciennes de Clapperton, des frères Lander, ainsi que les itinéraires de May, Baikie, Rohlfs et Flegel. Aux premiers, nous devons de connaître les royaumes de Sokoto et de Gando, ainsi que les confédérations avoisinantes. A M. Flegel, la géographie est redevable du tracé du cours du Niger de Rabba à Gomba. Il a rectifié également, en les agrandissant et en les précisant, les connaissances que Barth nous avait fournies sur l'Adamoua.

Dans l'Afrique australe, l'attention de l'Europe est depuis longtemps éveillée par la découverte des grands lacs, véritables mers intérieures qui s'échelonnent du Zambèse au nord de l'Équateur, et portent les noms de Nyassa, Tanganyika, Victoria et Albert Nyanza. Rappeler leurs noms, c'est rappeler en même temps ceux de Livingstone, Speke Burton, Grant, Baker, Gordon et Stanley. — Nous devons mentionner le nom du commandant Guillain qui, de 1844 à 1848, fit la reconnaissance de la côte orientale d'Afrique, depuis la côte des Somali jusqu'à hauteur de Zanzibar; les noms de Krapf, de Rebmann; ceux de la mission Carl Claus von der Decken : Otto Kersten et Thornton. Les premiers découvrirent le Kilima-N'djaro, les seconds le rattachèrent à la côte orientale par une triangulation.

Les voyageurs qui, durant ces dernières années, ont parcouru les routes qui mènent à Tabora, la capitale de l'Ounyanyembé, sont trop nombreux pour être cités ici, vous les trouverez mentionnés dans la carte. Je me bornerai à vous rappeler, dans le voisinage du Nyassa et du Bangouéolo, les noms de Lacerda, des Pombeïros, Jean-Baptiste et José, de Silva Porto, de Monteiro et Gamitto, de M. Victor Giraud et Thomson. Vous remarquerez, dans le voisinage du Zambèse et du Limpopo, les itinéraires de

Thomas Baines, Chapman, Mohr, Carl Mauch, Moffat, Elton, Selous et Saint-Vincent Erskine, etc.; dans les pays des Damara et Namaqua, les routes d'Alexander, Andersson, Hahn et Rath, et puis, au nord du Kounéné, celles de Ladislaus Magyar, Silva Porto, Capello et Ivens, Serpa Pinto, Pogge, Buchner, Güssfeldt et autres. Au Congo, nous rappellerons les noms de Tuckey, des frères Grandy, du major von Mechow, du lieutenant Wismann, du lieutenant Mizon, d'Hanssens, Mikic, Grant-Elliot, etc.; vous verrez enfin les deux noms de Brazza et de Stanley. Le premier a donné à la France un territoire grand comme elle. Le second, sous le haut patronage de Sa Majesté le roi des Belges, a pu étudier à nouveau et d'une façon précise l'immense cours du fleuve qu'il a découvert. Grâce à son énergie, une flottille de bateaux à vapeur a déjà remonté le Congo jusqu'à Stanley-Falls, et quelques-uns de ses navires ont commencé à explorer un certain nombre des affluents de ce fleuve. Ces vastes contrées, inconnues il y a douze ans, ont été l'objet, cette année, d'une conférence où toutes les puissances coloniales de l'Europe étaient représentées conjointement avec les États-Unis d'Amérique. Un grand royaume est ainsi né des efforts constants d'un souverain ami de la France, et d'immenses contrées ont été ouvertes au commerce et à l'activité des Européens.

Je salue donc avec respect les noms de ceux qui, les premiers, nous ont fait connaître les détails physiques et les richesses du continent africain. Je suis heureux aussi, en les inscrivant avec un soin religieux, de contribuer à les faire vivre dans l'admiration et l'estime de tous.

N'aurait-il d'autre effet, mon travail aurait déjà obtenu un résultat important, mais son utilité s'est bientôt fait sentir : ainsi les cartes du Sénégal et du Niger ont été annexées aux documents mis à la disposition de la Chambre des députés en 1884; celles du Congo ont figuré à la Conférence de Berlin, et la carte de Madagascar est appelée, sans doute, à être utilisée par nos soldats.

Si j'ai pu accomplir cette œuvre utile, je le dois à la sympathie constante qui m'a soutenu; à la Société de géographie de Paris et à son secrétaire général M. Maunoir, à feu M. le général Doutrelaine, président du Comité des fortifications, et au général Farre, alors Ministre de la guerre, qui me fit entrer au service géographique de l'armée en 1881. Le colonel Bugnot, et maintenant son successeur, le colonel Perrier, m'y ont toujours encouragé de leur haute estime. Par leurs ordres, le matériel du Dépôt de la guerre a été mis à ma disposition et tous ces services ont concouru à la publication du travail : dessin, photographie, zincographie et imprimerie. Ceux d'entre vous qui ont fait paraître des cartes ou des ouvrages se rendent aisément compte des frais que comporte la publication d'une carte d'aussi grandes dimensions et des notices qui l'accompagnent. Aussi je considère comme un devoir de présenter ici l'hommage de ma respec-

tueuse reconnaissance au Ministre de la Guerre et au Chef éminent du service géographique de l'armée.

En France, les conseils de MM. Alfred Grandidier et Duveyrier m'ont bien souvent aidé. A l'étranger, je n'ai rencontré aussi que des sympathies. J'envoie d'ici mes remerciements à MM. Duveyrier et Alfred Grandidier, à MM. Capello, Ivens et du Bocage, de l'armée portugaise; à M. Ravenstein, de la Société de géographie de Londres; à M. le Dr Richard Kiepert, de Berlin, et à M. Wichmann, de Gotha. Je prie aussi M. le général Strauch de vouloir bien les agréer.

La carte d'Afrique n'est certes pas aussi parfaite que je le voudrais, je le sais mieux que personne, mais elle a l'avantage d'être un cadre où d'autres pourront travailler au même but, qui est la connaissance de plus en plus complète de l'Afrique. Le vœu que je forme en terminant est que la vue de cette carte donne le goût à quelques-uns de mes camarades de l'armée d'entreprendre une œuvre analogue pour d'autres contrées encore peu connues. Leur tâche aura son utilité, et lorsque le « Maître de l'heure », comme dit l'Arabe, en aura décidé, elle se trouvera toute prête pour servir les intérêts de la civilisation ou de la patrie.

M. le Docteur TROLARD

Professeur à l'École de Médecine, à Alger.

LA QUESTION DU REBOISEMENT EN ALGÉRIE

— Séance du 14 août 1885 —

L'agriculture est la première richesse d'un pays. L'Algérie est et sera surtout un pays agricole.

Les trois facteurs de la prospérité d'un pays agricole sont : la terre, le soleil et l'eau.

La terre, en Algérie, est excellente presque partout, parfaite sur beaucoup de points. Avec un peu d'eau, la plus mauvaise terre produit.

Le soleil nous prodigue ses rayons. Quant à l'eau, depuis quelques années elle s'en va.

La quantité d'eau tombée annuellement a diminué d'une façon sensible; cette quantité serait encore suffisante, si elle était utilisée, emmagasinée.

Mais l'état du sol est tel, que les huit dixièmes des eaux s'en vont à la mer, emportant l'humus le plus pur des campagnes.

Beaucoup de sources ont disparu; toutes, sans exception, ont considérablement diminué dans leur débit; l'eau manque partout.

En 1879, c'est un gouverneur lui-même qui s'écrie : « Beaucoup de centres, parmi les plus anciens, sont dans une situation véritablement regrettable, les uns manquent d'eau... » .

En 1881, les habitants d'un village voisin de la capitale de l'Algérie écrivent au préfet : « Ouled-Fayet, bien que ses fontaines ne fournissent plus une goutte d'eau, possède heureusement quelques puits qui assurent à la rigueur l'eau potable nécessaire aux ménages... Quant à Dély-Ibrahim, la situation est plus grave; c'est le cœur navré que je vous en parle; nous n'avons pas la ressource des puits... Pour Dély-Ibrahim, il ne peut plus être question des troupeaux; les animaux iront au loin trouver à s'abreuver... Ce qui nous occupe aujourd'hui douloureusement et davantage, ce sont les ménages; l'eau est de première nécessité, mais où la trouver? »

C'est là l'histoire de la plupart de nos villages.

D'après un relevé qui a été fait du débit des sources en 1881, comparé à celui de 1879, dans une des régions les plus fraîches de l'Algérie, Médéah, le débit a diminué de près de la moitié. 16 sources donnant 1318 litres en 1879, n'en donnaient plus que 711 en 1881.

Lorsque, dans une région favorisée, le régime des eaux subit de telles atteintes dans l'espace de deux années, on peut juger de ce qui se passe ailleurs.

Bouffarick lui-même, la ville de l'eau, a vu jusqu'à ces derniers jours sa cuvette complètement asséchée; et il a fallu dans la ville, parcourue par de magnifiques ruisseaux il y a quelques années, forer des puits artésiens.

Deux ou trois rivières, tout au plus, ont quelques gouttes d'eau pendant l'été; toutes sont des torrents pendant l'hiver.

Les plaines, recevant peu d'eau, et drainées par le lit desséché des rivières, qui ne sont plus que d'immenses tranchées, ne produisent guère de récoltes moyennes que tous les sept ou huit ans.

Le bétail, source importante de revenus autrefois, diminue chaque année.

« Pendant l'été de 1879, dit M. Delamotte, 176,000 moutons sont morts de faim dans le cercle de Teniet El Haad. »

Un autre auteur, M. Carnet, attribue « à l'anémie résultant de la privation de nourriture » les désastres qui ont sévi sur le bétail dans une autre région, à Lalla-Maghrina.

Les périodes de sécheresse, éloignées d'abord, vont se rapprochant de plus en plus et augmentent de durée; la dernière a persisté pendant sept ans.

« Il y a douze ans, une ère d'épreuves s'ouvrait pour l'Algérie; pendant sept années consécutives une sécheresse persistante est venue ruiner les campagnes, anéantissant les cultures sur certains points, ne laissant sur d'autres, plus favorisés, que de maigres récoltes. Sous l'influence de ce fléau et de l'action d'un soleil brûlant, les pâturages appauvris ne donnèrent plus une nourriture suffisante aux bestiaux. Aussi, une mortalité considérable eut lieu dans les troupeaux, notamment dans ceux des indigènes; enfin, partout les eaux diminuèrent; de tous côtés, des sources, des petits cours d'eau qui, de mémoire d'homme, n'avaient jamais tari, disparurent totalement, vouant à la stérilité des terrains dans lesquels des cultures industrielles et maraîchères étaient aussi prospères que productives.

« Un cri de détresse retentit de toutes parts; on se demanda quelle pouvait être la cause de la rareté des pluies, de cette perturbation apportée dans le climat et dans le régime des eaux! Dans l'opinion de tous, elle fut attribuée au déboisement.

« Cette opinion n'est malheureusement que trop justifiée; il est certain, en effet, qu'en Algérie les terrains boisés ont perdu, depuis un grand nombre d'années, beaucoup de leur étendue; il est non moins avéré que ceux qui existent aujourd'hui à l'état soit de forêts véritables, soit de broussailles, par leur appauvrissement, par la réduction de leur couvert, n'exercent plus sur le sol, comme sur l'atmosphère, une influence aussi énergique qu'autrefois. »

L'auteur de ces lignes est un conservateur des forêts, M. Calinet, homme de grande expérience et de grande valeur.

Sous la pression de l'opinion publique, le gouvernement s'est décidé à prescrire une enquête sur le régime des forêts de l'Algérie; et c'est par les lignes que je viens de citer que M. Calinet commence son rapport. Après avoir dépeint la situation sous des couleurs malheureusement vraies, il indique la cause du mal.

Le déboisement de l'Algérie en est, en effet, la seule cause.

Quelques personnes ont pensé qu'il fallait attribuer ces périodes de sécheresse à certaines lois météoriques qui existaient déjà du temps de Moïse, et ont rappelé l'histoire des sept vaches maigres et des sept vaches grasses.

En admettant que ces lois existent, cela ne prouve qu'une chose; c'est que l'Algérie se rapproche de l'état de dénudation de l'Égypte, état qui permet dès lors aux phénomènes météoriques de se produire tout à leur aise.

Les inondations du midi de la France se produisent aussi à périodes fixes : 1846, 1856, 1866, 1876; on ne s'est pas borné à invoquer l'action de l'atmosphère et à courber la tête. Une loi, dont les applications ont ces régions pour théâtre, commence à combattre le mal; et dans quelques

années, la main de l'homme aura refait, grâce à la science, ce que sa main coupable — inconsciente, il est vrai — avait défait.

On a aussi invoqué comme cause de l'assèchement de l'Algérie les mouvements généraux d'exhaussement et d'abaissement que subissent certains continents.

Je ne sache pas qu'on ait mentionné la disparition ou la diminution de toutes les sources dans les pays où ces mouvements ont été constatés.

De plus, si c'est là la cause de la disette d'eau, l'Algérie a dû subir des dislocations considérables depuis 12 ou 13 ans, car c'est surtout depuis cette époque que le mal a acquis des proportions effrayantes. Or, personne jusqu'à ce jour n'a eu connaissance de pareils bouleversements.

Comment admettre que ces oscillations si lentes soient capables d'amener des perturbations aussi rapides ? Une réponse péremptoire aux deux théories a été faite, du reste, par l'enquête forestière de ces derniers temps. Dans les quelques rares régions où les forêts ont été conservées, le débit des sources n'a pas varié et on y trouve des oueds avec de l'eau pendant l'été.

Le fait était déjà connu : on savait que le département de Constantine, le plus boisé, était le plus riche, et que le département d'Oran, le moins boisé, était le plus pauvre. L'enquête officielle a eu le mérite de consacrer ce fait par des chiffres.

La déforestation de l'Algérie est la seule cause de la sécheresse. Cela ne fait plus de doute.

De même qu'on pourrait écrire l'histoire des peuples qui disparaissent ou qui ont disparu en écrivant l'histoire des forêts de leur pays, de même on pourrait suivre pas à pas nos stades de décroissance, qui ont toujours concordé avec les ravages des forêts. Les deux courbes qui établiraient la marche de la déforestation et la diminution de l'eau seraient, j'en suis certain, exactement parallèles.

Voyons ce que disent les personnages officiels.

En 1873, un inspecteur général des forêts, chargé d'une mission, dit : « Le sol forestier a été négligé jusqu'à présent; et depuis qu'il est entre nos mains, loin de s'améliorer, il s'est appauvri. »

En 1877, le ministre de l'agriculture annonce que « la disparition des forêts algériennes n'est qu'une affaire de temps. »

En 1883, un membre du conseil supérieur s'exprime ainsi : « Si nous n'y prenons garde, dans peu d'années, le Tell algérien deviendra comme le prolongement du Sahara; » et une commission reconnaît que « le régime des eaux est de plus en plus compromis par le déboisement des crêtes dans presque toutes les régions; que le débit des sources subit chaque année une diminution croissante. »

En 1882, M. Tassy, ancien inspecteur général des forêts, déclare « que les forêts de l'Algérie se rapprochent du terme de leur ruine totale ».

En 1884, M. le gouverneur « se fait l'écho des plaintes de l'Algérie, menacée de devenir inféconde par la sécheresse, conséquence fatale de la disparition de nos forêts » et il ajoute : « N'est-il pas à craindre que d'ici là (le vote d'une loi déposée à la Chambre depuis onze ans) les boisements exposés aux dévastations ne soient détruits ? »

Que reste-t-il à ajouter à ces témoignages officiels, qui établissent la marche croissante de la dévastation forestière ?

La cause du mal étant connue, le remède est tout indiqué : il faut reboiser.

Il faut reboiser, mais dans quelles conditions ?

L'enquête forestière est arrivée à des conclusions que je crois devoir combattre.

Ne considérant qu'une partie de l'Algérie, le Tell, c'est-à-dire la partie la moins maltraitée, les forestiers ont constaté que le coefficient de boisement était aussi élevé qu'en France. Partant de ce point de départ, ils en ont conclu que le danger n'était pas si imminent qu'on le pensait, et se sont bornés dès lors à demander des crédits absolument insuffisants.

D'abord leur point de départ n'est pas exact. C'est l'ensemble de l'Algérie qu'il eût fallu considérer, les Hauts-Plateaux aussi bien que le Tell.

De plus, leur moyenne ne porte que sur 9 millions d'hectares dans le Tell, tandis qu'il y en a au moins 12. En tenant compte de ces 11 millions d'hectares (3 pour le Tell et 8 pour les Hauts-Plateaux), le coefficient eût été tout au plus de 10.

Et encore faut-il ajouter que les 2 millions d'hectares de forêts représentent peut-être à peine la moitié de véritables forêts.

Dans la statistique, il n'a été tenu nul compte de la densité des peuplements, des vides, des clairières souvent immenses, d'innombrables enclaves, quelquefois presque aussi grandes que les forêts elles-mêmes.

Parlant des premiers états officiels de contenance du domaine forestier, M. Tassy dit : « Mais ces états n'apprennent rien ou presque rien sur l'âge et la qualité des peuplements. Pour moi, j'oserai assurer qu'il ne reste des futaies offrant quelques ressources, immédiatement exploitables, que dans les régions supérieures du Tell, et ce qui les a préservées d'une destruction complète, c'est la difficulté de la vidange. Partout ailleurs, et sur les trois cinquièmes au moins de l'étendue du sol forestier, il n'y a que de mauvais taillis ou des broussailles. »

Si, en 1873, il fallait déduire des 2 millions d'hectares les trois cinquièmes, est-ce exagéré que de dire qu'un autre cinquième est à déduire, puisque depuis cette époque on n'a rien, absolument rien fait pour protéger les forêts ?

La comparaison avec la France n'a pas grande valeur, du reste.

Si l'on veut établir une comparaison rationnelle, capable de quelque enseignement, il faut comparer l'Algérie à une région similaire, à la Provence, par exemple, qui a tant d'analogie avec elle.

Il en est de cette région comme de l'Algérie; certaines parties, comme le Var, sont très boisées, 42 %, tandis que d'autres sont plus ou moins dénudées ; la moyenne pour les six départements n'atteint que 24 %.

Mais ce coefficient, bien plus élevé que la moyenne de France, a paru tellement insuffisant, que l'on reboise à grands frais depuis quelques années. On arrivera probablement au coefficient du Var.

Si la moyenne de 24 % a été reconnue insuffisante pour un bassin situé à 10 degrés de latitude plus haut, entouré d'une ceinture de hautes montagnes, parcouru par un grand fleuve, elle ne saurait évidemment convenir à l'Algérie, dont les Hauts-Plateaux, presque complètement dénudés, peuvent être considérés comme le vestibule du Sahara.

C'est donc au moins un coefficient de 30 % qui est indispensable à l'Algérie.

Pour y arriver et pour restaurer les forêts actuelles, il faudra évidemment des sommes considérables.

Ces sommes sont-elles au-dessus des ressources de la France? La France n'a jamais compté quand il s'est agi de sauvegarder son honneur ; et son honneur est gravement engagé là-bas.

Il importe de savoir si la domination française disparaîtra de l'autre côté de la Méditerranée comme a disparu la domination romaine, qui, après avoir passé comme les Français par la période des moyens factices, par la période des barrages et des citernes, a été emportée plutôt par l'anémie que par les invasions étrangères et les rébellions des indigènes.

Il importe de savoir si on abandonnera ce qui a coûté tant de sang et tant de milliards.

Comment hésiterait-on, quand il est certain qu'en dehors de ces hautes considérations, la dépense de quelques millions rapportera de 80 à 100 millions par an? Les forêts de l'Algérie, aménagées et exploitées, donneront ce revenu, d'après une des autorités forestières des plus considérables de notre époque, M. Tassy.

L'œuvre de reboisement, conçue de la façon la plus grandiose, est-elle au-dessus de la science?

La réponse n'est pas douteuse, alors que notre siècle compte la réalisation de travaux gigantesques, autrement difficiles à conduire que celui d'un reboisement. La transformation des Landes, pays au moins aussi menacé à une certaine époque que l'Algérie aujourd'hui, n'est-elle pas là pour répondre victorieusement? Il n'est pas inutile de faire remarquer en passant que ce département est un de ceux qui ont le moins souffert de la crise actuelle.

La dépense ne sera pas d'ailleurs si élevée qu'on peut le supposer au premier abord.

L'arbre pousse pour ainsi dire spontanément en Algérie. Il suffira de protéger les boisements actuels pour qu'ils se reconstituent à l'état de véritables forêts; les broussailles, mises à l'abri de la dent du bétail, se transformeront en bois; l'expérience l'a surabondamment démontré.

C'est donc avant tout l'œuvre de protection qu'il faut entreprendre. Pour cela, il faut créer des chemins forestiers, qui n'existent nulle part; il faut installer des gardes dans les forêts, et non à 30 ou 40 kilomètres de celles-ci, comme cela a lieu pour les neuf dixièmes des forêts; il faut enfin mettre le personnel forestier sur un pied normal.

L'insuffisance numérique de ce personnel n'est plus à établir. D'après un document officiel récent, voici les proportions en France et en Algérie : « En France, l'inspecteur a une étendue de 12 à 15,000 hectares; celui de l'Algérie a une étendue de 115,000 hectares; le garde général en France a 2,000 hectares et en Algérie 20 et même 30,000 hectares; le brigadier, en France, a 500 hectares et en Algérie 10,000 et même 11,000 hectares. Enfin il y a, pour un million d'hectares en France, 6 inspecteurs généraux et 40 conservateurs ; en Algérie, pour deux millions d'hectares, il y a un inspecteur général et 3 conservateurs. »

Et il y a des gens qui s'étonnent que dans de pareilles conditions, et quand il n'existe aucun chemin forestier, les forêts de l'Algérie ne produisent que de faibles revenus !

Cette œuvre de protection réclamera l'application rigoureuse, stricte du code forestier. Il y a en Algérie des administrateurs qui, après avoir fait voter la responsabilité collective des tribus pour les incendies forestières et le code de l'indigénat, se trouvent pris de scrupules lorsqu'il s'agit d'appliquer le droit commun aux indigènes, et réclament toutes sortes de ménagements pour de prétendus droits d'usage qu'on a laissés se transformer en droits de dévastation !

Assurément l'indigène sera dérangé dans ses habitudes séculaires; mais s'il est atteint dans l'élevage du bétail, il est certain que l'aménagement d'abord et plus tard l'exploitation des forêts seront une source de bien-être pour lui, en attendant qu'il puisse introduire ses troupeaux dans des forêts défensables.

En résumé, le reboisement de l'Algérie ne doit pas s'entreprendre par morceaux, sous peine de voir se détruire chaque année le peu que l'on fera avec de petits crédits; il doit s'effectuer sur tous les points à la fois, après avoir commencé par les Hauts-Plateaux, sinon l'influence nuisible de cette région détruira au fur et à mesure les travaux de restauration du Tell.

Le reboisement donnera le bois indispensable à la colonisation, la santé au colon, et enfin l'EAU.

L'Algérie, reconstituée, revivifiée par le seul aliment qui lui manque, l'EAU, étonnera le monde par sa prodigieuse fécondité.

Je me rappelle en 1881, année pluvieuse, avoir envoyé au ministre de l'agriculture une gerbe de blé haute de deux mètres. « Quel beau pays ce doit être que celui qui produit de si beaux épis! » s'était écrié le ministre. Hélas! toutes les années ne se ressemblent pas, tant s'en faut; mais on peut se rendre compte par ce fait, de ce que renferme dans ses entrailles la terre promise des Français, la France nouvelle de Paradol!

Je ne puis mieux finir qu'en rappelant ici les paroles du président du Congrès de la Rochelle : « Cette Algérie, Messieurs, quand on l'a vue dans son ensemble, laisse une impression de grandeur inoubliable... L'hésitation n'est pas permise, il faut croire à l'Algérie, il faut l'aimer, la protéger et la servir. Il faut que dans la métropole on n'en parle pas légèrement lorsqu'il s'agit de garantir ses frontières, d'y maintenir l'ordre et la sécurité; il faut qu'on ne marchande pas sur les dépenses nécessaires pour aménager les eaux de l'Algérie, pour reboiser ses sommets, drainer les Hauts-Plateaux, créer des réserves de montagne, irriguer les flancs des coteaux et dans le désert forer des puits. Encore aujourd'hui, Messieurs, n'apercevez-vous pas notre Sénégal et le Soudan immense avec lequel la civilisation commande à la France de commercer? Et, en tout cela, Messieurs, ne reconnaissez-vous pas la patriotique consigne de notre âge? »

Hélas! ce langage si simple, si vrai, si patriotique, n'a pas eu le don d'attirer l'attention de ceux qui cherchent bien loin le relèvement de la Patrie. C'est à vous, Messieurs, que revient la tâche de leur rappeler qu'à trente heures de la rive française il existe une autre France qui, lorsqu'on le voudra, contribuera à rendre à la Mère Patrie le rang auquel elle a droit dans le monde et qu'elle ne doit pas perdre sous peine de n'être plus la France.

M. de CLERMONT

Sous-Directeur du Laboratoire de Chimie à la Sorbonne.

LA COOPÉRATION A AUDINCOURT

— Séance du 19 août 1885 —

Au commencement de 1873, quelques ouvriers appartenant aux usines C[t] Peugeot et C[ie], frappés des avantages que pourrait leur assurer la mise en commun de capitaux, en vue de l'achat des denrées alimentaires, fon-

daient à Audincourt, sous la dénomination « l'Union », une société anonyme, coopérative, à capital variable.

Aux termes des statuts, le but de la Société était : 1° de fournir aux associés et au public des denrées alimentaires de première qualité et autres objets nécessaires à un ménage ; 2° de faire réaliser des économies sur ces consommations en mettant autant que possible le consommateur en rapport avec le producteur.

La Société s'interdisait par contre la vente des vins, bières et spiritueux. Le but de cette restriction était d'enrayer l'ivrognerie, dont les exemples sont malheureusement trop fréquents dans les centres industriels.

MM. C[t] Peugeot et C[ie], heureux d'encourager l'œuvre naissante, devenaient eux-mêmes sociétaires et se constituaient les banquiers de la Société ; MM. Scheurer et Sahler, filateurs, demandaient également, pour eux et leurs ouvriers, à faire partie de l'association. Pour rendre l'entrée de la Société accessible aux petits capitaux, les membres fondateurs fixèrent à 50 francs le prix des actions (ces actions sont nominatives) à émettre, et, dans un but d'égalité, aussi bien que pour éviter l'accaparement possible des actions, décidèrent que chaque sociétaire ne pourrait en posséder qu'une seule. 207 souscripteurs répondirent à leur appel.

La Société constituée, il restait à organiser son fonctionnement. Un conseil d'administration composé de 13 membres reçut à cet effet pleins pouvoirs. Celui-ci se mit résolument à l'œuvre et quelques semaines après, l'Union ouvrait à Audincourt un magasin d'épicerie, de mercerie et de boulangerie.

L'ouverture de ce magasin fut le signal, dans la localité, d'une baisse de prix générale de la part des boulangers et épiciers, qui voyaient dans la création de cet établissement un concurrent redoutable pour l'avenir. Le comité accepta la lutte sur ce terrain et, malgré la concurrence acharnée faite à la Société, l'inventaire de fin d'année accusait un bénéfice net de 12,145 francs. Cette somme, conformément aux statuts, fut répartie comme suit : 20 0/0 à la réserve, 20 0/0 aux actions, 5 0/0 à la gérance et 55 0/0 à la consommation.

Le chiffre de vente s'était élevé à 140,000 francs.

Ce résultat — très beau — si l'on tient compte des charges exceptionnelles que l'exercice avait eu à supporter par suite des frais de premier établissement, eut pour conséquence immédiate l'entrée dans la Société de 97 nouveaux membres. La répartition des bénéfices donna lieu à des critiques ; on trouvait généralement que la part faite aux actions était par trop belle : une action de 50 francs avait rapporté, intérêts et dividende compris, 14 fr. 80, soit près de 30 0/0; aussi, pour remédier à cet état de choses, on décida de remplacer le mode de répartition indiqué

d'autre part par le suivant : 20 0/0 à la réserve, 5 0/0 à la gérance et pour le surplus, 5 0/0 aux actions et 95 0/0 à la consommation.

Ce dernier mode de répartition était certes plus équitable que l'ancien, car, tout en rétribuant largement l'action, la forte part revenait à la consommation, source première des bénéfices.

D'année en année, la Société se développe : le second inventaire permet la distribution d'un dividende de consommation de 6 0/0. La part afférente aux actions : intérêts, intérêts de la réserve et dividende, a produit 4 fr. 75 par action, soit, sur 50 francs, 9 1/2 0/0 par an ; la part de bénéfices portée à la réserve élève le prix de l'action à 70 francs. Le chiffre d'affaires est de 169,000 francs.

Les bénéfices réalisés pendant l'exercice 1875 permettent également la distribution d'un dividende de consommation de 6 0/0 ; l'action rapporte, intérêts et dividende compris, 5 fr. 10, soit sur 50 francs 10 1/5 0/0 par an ; la plus-value de l'action est de 7 fr. 50, ce qui en porte le prix à 77 fr. 50 ; le chiffre d'affaires reste à peu près le même que celui du précédent exercice.

Pour l'exercice 1876, le dividende de consommation monte à 6 1/2 0/0 ; l'action rapporte 5 fr. 85, soit 11 3/4 0/0 ; sa plus-value est de 10 francs, ce qui en porte le prix à 87 fr. 50. Le chiffre d'affaires s'élève à 204,000 francs, soit une augmentation de 35,000 francs environ, résultant de la vente de nouveaux articles, tissus, chaussures, etc...

Pour l'exercice 1877, le dividende de consommation descend à 5 3/4 0/0 ; l'action rapporte 6 fr. 50, soit 13 0/0. Sa plus-value est de 11 francs, ce qui en porte le coût à 98 fr. 50. Le chiffre d'affaires monte à 231,000 francs.

La diminution constatée sur le dividende de consommation pour cet exercice est le fait du peu de bénifices réalisés sur la vente du pain, qui a été livré à peu près au prix coûtant.

En 1878, la situation s'améliore : le dividende de consommation monte à 7 0/0 ; l'action rapporte 7 fr. 45, soit 14 fr. 90 0/0, sa plus-value est de 13 francs, ce qui en fait ressortir le prix à 111 fr. 50. Le chiffre d'affaires s'élève à 247,000 francs.

En 1879, le dividende de consommation s'élève à 7 1/2 0/0 ; l'action rapporte 8 fr. 05 et monte à 122 fr. 70, soit une plus-value de 11 fr. 20. Le chiffre d'affaires s'élève à 260,000 francs.

En 1880, le dividende de consommation monte à 7 3/4 0/0 ; l'action rapporte 8 fr. 90, sa plus-value est de 14 fr. 30, ce qui en porte le prix à 137 francs. Le chiffre d'affaires s'élève à 286,000 francs.

En 1881, le dividende de consommation est légèrement inférieur (7 1/2 0/0) à celui de l'exercice précédent ; l'action rapporte 9 fr. 70 et monte à 152 francs, soit une plus-value de 15 francs. Le chiffre d'affaires s'élève à 314,000 francs.

En 1882, le dividende de consommation monte à 8 fr. 20 0/0, chiffre qui n'avait pas encore été atteint ; l'action rapporte 10 fr. 95, sa plus-value est de 17 francs, ce qui la fait ressortir à 169 francs. Les ventes s'élèvent à 333,000 francs.

En 1883, le dividende de consommation n'est que de 8 0/0 avec un chiffre d'affaires à peu près égal à celui du précédent exercice ; l'action rapporte 11 fr. 50 et monte à 184 francs, soit une plus value de 15 francs.

Ainsi, dans une période de 11 ans, les sociétaires avaient plus que triplé leur mise de fonds ! Ce résultat dépassait à bon droit les espérances des plus optimistes.

Depuis quelque temps déjà, l'insuffisance des locaux de l'Union se faisait vivement sentir ; d'un autre côté, le prix élevé des actions était une entrave sérieuse au développement de la Société, nombre d'ouvriers, en effet, n'ayant pas les moyens nécessaires pour devenir actionnaires et ne pouvant pour ce motif entrer dans la Société.

Pour porter remède à cet état de choses, le Conseil d'administration décidait : 1° de bâtir ; 2° de ramener l'action à son taux primitif, soit à 50 francs, en remboursant aux sociétaires la part de réserve afférente à chaque action ; en outre, pour ne pas augmenter indéfiniment la réserve, il était entendu que la part de bénéfices portée à ce compte serait réduite à 10 0/0 et que lorsque ce compte aurait atteint de nouveau la même importance que le capital Actions, les bénéfices qui y étaient affectés seraient reportés sur le dividende de consommation ; 3° d'émettre parmi les sociétaires un emprunt de 80,000 francs par voie d'obligations de 100 francs chacune, remboursables au pair et rapportant 4 1/2 0/0 par an.

L'emprunt fut couvert bien au delà, et quelques semaines après, on voyait s'élever au centre d'Audincourt un bâtiment répondant aux besoins de la Société.

L'ouverture des nouveaux magasins a eu lieu vers la mi-juillet dernier 1884 ; le local, très vaste, a permis à l'Union un développement considérable : ses sociétaires sont au nombre de 484 ; outre la boulangerie, l'épicerie, la mercerie, la chaussure, la confection, la bonneterie et les tissus, elle a ajouté à ses divers services la charcuterie, le fer battu, la pendulerie, la quincaillerie, la verrerie et les faïences.

L'exercice 1884, clos en janvier dernier, a permis la distribution d'un dividende de consommation de 7 fr. 80 0/0, résultat très beau, eu égard aux charges extraordinaires supportées par la Société pour sa nouvelle installation.

Le chiffre d'affaires s'est élevé à 347,000 francs.

Au moment où la question du pain donne lieu à de si vives polémiques, nous croyons devoir donner une mention spéciale au service de la boulangerie. Le pain fabriqué est d'une seule qualité, chaque jour la Société

en vend 1,000 kilogrammes environ, généralement en miches de 3 kilogrammes et 1 kil. 500. Les farines employées sont toutes tirées de moulins fonctionnant par les nouveaux procédés de mouture, c'est dire que le pain livré est de belle et bonne qualité.

Le prix de vente aujourd'hui n'est que de 0 fr. 90 la miche de 3 kilogrammes alors que les farines achetées ont été payées 35 à 36 francs les 100 kilogrammes. Ce prix est peu rémunérateur pour la Société, qui s'impose de ce côté les plus grands sacrifices; mais, en agissant ainsi, elle reste dans son rôle et aide à la solution de ce problème : la vie à bon marché.

En résumé, l'institution de cette Société a été un véritable bienfait pour la population ouvrière d'Audincourt, qui y trouve des denrées meilleures et à des prix plus avantageux que ceux pratiqués auparavant par le commerce local.

D'un autre côté, toutes les ventes devant être payées à la fin de chaque mois, — la non-observation de cette règle entraînant l'exclusion de la Société, — l'ouvrier contracte des habitudes d'ordre et d'économie qui lui seront d'un précieux secours pendant les temps de crise et de chômage.

L'arrondissement de Montbéliard est certes un de ceux où le mouvement coopératif a pris le plus grand développement, mais nous croyons pouvoir affirmer, sans crainte d'être démentis, que des diverses sociétés créées dans cette région, l'Union d'Audincourt est une des plus prospères.

Mlle J. LANET

Directrice de l'École maternelle laïque de Jallieu (Isère).

L'ÉDUCATION. — L'ENSEIGNEMENT DE L'HISTOIRE A L'ÉCOLE MATERNELLE

— *Séance du 13 août 1885* —

L'ÉDUCATION.

> L'éducation comprend tout ce que nous faisons et tout ce que les autres font pour nous rapprocher de la perfection de notre nature. Ou l'éducation sera simplement l'art d'élever les hommes.

La pédagogie est l'art de l'éducation. Comme art, elle est aussi ancienne que le monde : elle remonte au jour où la première mère a eu à élever son enfant; elle comprend les règles pratiques établies par l'expérience pour élever les enfants.

Considérée comme la connaissance des lois qui régissent le développement de nos facultés, elle s'appelle la science de l'éducation. Sous ce rapport, elle a des liens étroits avec la psychologie et avec la morale.

La psychologie a pour objet l'étude de l'âme; elle nous apprend à nous connaître nous-mêmes; elle nous permet de nous rendre compte de nos sentiments, de nos pensées, de notre volonté; elle nous montre ce que nous sommes. La morale s'applique à la recherche du devoir; elle fixe le but que nous devons atteindre et règle ainsi l'usage que nous devons faire de nos facultés; elle nous indique ce que nous devons être.

L'enfant a besoin qu'on le conduise vers le but à atteindre, qu'on l'aide dans l'exercice et dans le développement de ses facultés.

C'est l'objet de l'éducation.

Les avantages que présente l'éducation au point de vue de l'instruction proprement dite, Rollin les a résumés sous cinq chefs : l'utilité de l'émulation, le bienfait de l'exemple, le développement du sentiment de confiance nécessaire pour favoriser l'épanouissement de l'intelligence, qu'étouffe ou que fausse le travail secret du foyer, la douceur des liaisons qui naissent de la camaraderie, l'ampleur et la vie d'un enseignement qui doit donner satisfaction à des aptitudes diverses.

L'éducation publique est une école de justice. L'instinct de la justice, inné chez l'homme civilisé, est particulièrement gravé dans le cœur de l'enfant. Sur ce point, la logique de ses sentiments ne le trompe pas. Il se l'applique à lui-même, quelque sévère qu'elle soit; il l'applique à ses camarades, il l'applique à ses maîtres. C'est par là d'ordinaire qu'il les apprécie. Les autres faces du caractère de l'homme lui échappent. Il se fait juge de son équité, et il est rare qu'il ne soit pas bon juge, parce que l'équité est la règle souveraine de la vie écolière et qu'il s'y confie. Un maître juste, fût-il sévère, est toujours respecté, et il n'est pas rare qu'on l'aime. Un maître d'un esprit partial ou d'un caractère inégal, qui semble n'avoir ni suite ni règle, n'est ni respecté ni aimé; il n'a d'autre ressource que de se faire craindre. Tout ce qui blesse chez l'enfant ce besoin de justice, le trouble et parfois le révolte; tout ce qui lui donne satisfaction le met à l'aise avec les autres et avec lui-même.

Rousseau raconte que c'était le ressentiment d'une injustice dont il avait eu à souffrir à six ans qui lui inspira pour toute sa vie la passion de la justice.

Le succès de l'éducation dépend de la connaissance que l'éducateur a le la nature humaine; pour élever les enfants, il est nécessaire de savoir e qu'ils sont. C'est cette connaissance de leur nature qui fait de la édagogie une science. L'enfant naît incapable de rien; il doit plus tard e suffire à lui-même et aux siens, et être utile à ses semblables. Nous artons du néant pour nous approcher le plus possible de la perfection.

Qu'est-ce que l'enfant? quelle est sa nature? quelles qualités bonnes ou mauvaises apporte-t-il en naissant? Comment convient-il de le diriger?

De tous temps, on s'est posé ces questions. Jamais plus que de nos jours elles n'ont préoccupé les esprits.

Les Grecs considéraient surtout l'enfant comme doué de moyens physiques, et, sans contester l'importance de l'éducation intellectuelle et morale, ils faisaient la plus large part à l'éducation des sens.

Rome exerce particulièrement les enfants et les hommes de tout âge, sauf les vieillards, aux fatigues de la lutte, en vue d'une guerre toujours prochaine.

Le moyen âge, méconnaissant les manifestations lesplus visibles de la nature enfantine, entraîné par de fausses doctrines, impose à la jeunesse une discipline étroite qui étiole, stérilise, déforme les esprits. La lumière commence à se faire vers le xve siècle. Cependant, la croyance des pédagogues vis-à-vis des qualités ou des défauts de l'enfant à sa naissance, n'est pas *une*.

Selon Rollin, Rousseau, Kant et Rabelais, l'enfant naît parfait. Les solitaires de Port-Royal prennent en pitié l'enfant, qui, pour eux, est originellement mauvais.

D'après M. Albert Durand, Rollin, Rousseau, Kant, Rabelais et les solitaires de Port-Royal exagèrent, mais de leurs enseignements se dégage une vive lumière. S'ils diffèrent au fond dans leurs opinions pédagogiques et dans leurs méthodes, ils se retrouvent sur plus d'un point. Leur œuvre commune, c'est d'avoir démontré la nécessité d'une éducation qui. tenant compte des aptitudes, des besoins, de la nature de l'enfant, développe simultanément ses facultés physiques, ses facultés intellectuelles et ses facultés morales.

L'enfant renferme en lui-même des germes qui se développeront plus ou moins et finiront par s'épanouir plus tard. Les circonstances de la vie, le milieu dans lequel l'enfant est élevé, l'éducation, en un mot, le feront bon ou mauvais.

Il suffit, pour s'en rendre compte, d'étudier une à une les inclinations de l'enfance. Toutes peuvent, selon les directions auxquelles on les soumet, selon l'influence du moment, être la source d'une vertu ou occasionner un vice.

L'enfant ne mérite ni les excès de louanges que lui ont décernées certains pédagogues, ni l'excessive rigueur avec laquelle d'autres l'ont jugé. Il n'aime pas le mal pour le mal; il ne cherche pas non plus le bien, pour une bonne raison, c'est qu'il ne peut le connaître encore.

Pour apprécier la nature de l'enfant avec justesse, il faut considérer que ses inclinations sont des moyens, des instruments naturels, qui ne peuvent être condamnés ou loués que d'après l'usage qu'on en fera pour le bien

ou pour le mal. L'enfant est un être en préparation. Nous ne recevons pas l'âme toute faite des mains de la nature. On ne doit donc pas exiger d'elle, dès les premiers jours de la vie, des qualités qui ne sont réservées qu'à la maturité.

Tout d'abord, il faut prendre l'enfant pour ce qu'il est susceptible d'être, pour ce que notre tâche est précisément de l'aider à devenir; il faut le traiter en être raisonnable.

L'enfant veut être pris au sérieux, il lui faut de l'estime, et le désir d'obtenir la nôtre sera même un des mobiles les plus sûrs à employer avec lui. Le plus petit enfant, pourvu qu'on ne sorte pas, bien entendu, de l'ordre de faits qu'il peut comprendre, se plaît à s'apercevoir qu'on exige de lui quelque chose et qu'on l'approuve quand il le fait bien; il se sent alors *quelqu'un*.

N'avons-nous jamais remarqué la gravité avec laquelle ce bébé qui marche à peine porte l'objet que sa mère vient de le charger d'aller mettre entre les mains d'une autre personne de la famille? Il n'y a pas de risque qu'il le détourne de sa destination ou l'oublie en route; il sait qu'il est revêtu d'une sorte de fonction et il l'accomplit avec un grand sérieux.

Il n'est pas d'enfant qui n'aime à faire des commissions; c'est que la commission donnée est une preuve de confiance. S'il s'acquitte mal de ce qu'il avait à faire, et que vous lui en fassiez des reproches, il en sera beaucoup moins chagriné qu'il ne le serait de vous voir attacher peu d'importance au rôle qu'il devait jouer. La fausse indulgence, d'après laquelle on excusera tout sous prétexte qu'il n'est capable de rien, le touchera fort peu.

Ces quelques dispositions doivent s'utiliser à l'école, et il faut être très exigeant; si c'est là le moyen le plus sûr d'avoir de l'action sur un enfant, c'est le seul vraiment efficace pour en prendre sur une collection d'enfants.

Mais le mot *exigence* doit être pris dans une juste mesure. Exiger de l'enfant des choses au-dessus de sa portée ou simplement trop de choses serait absurde et injuste. Exigeons peu, et soyons inflexibles sur ce que nous avons une fois imposé comme obligatoire.

L'ENSEIGNEMENT DE L'HISTOIRE A L'ÉCOLE MATERNELLE.

On a prétendu longtemps, certaines personnes pensent encore aujourd'hui qu'il n'est pas possible d'enseigner l'histoire à de jeunes enfants. L'histoire, dit-on, est au-dessus de leur intelligence; pour l'aborder il faut se reporter de dix siècles, de cinquante siècles en arrière; si vous voulez conduire l'enfant hors de son domaine à lui, le monde présent, le monde

matériel, il ne peut vous suivre, ou il ne vous suit qu'au prix d'efforts considérables. Vous perdez votre temps ou vous excédez vos forces; à coup sûr, vous surmenez son esprit, et vous en faussez le ressort en lui faisant porter un fardeau trop lourd. D'ailleurs, n'est-ce point un contre-sens de vouloir parler des hommes illustres à des enfants qui ne savent pas lire et écrire?

Il ne s'agit pas de faire un cours complet d'histoire nationale à ces enfants; il ne s'agit pas davantage de leur faire lire ou écrire l'histoire; mais les enfants savent entendre et parler; c'est par des anecdotes, par des récits, par des causeries familières que l'on cherchera à les initier aux grands faits du passé. Qui ne sait combien ils adorent les histoires?

« *Encore une!* » C'est le mot qui leur vient sans cesse à la bouche dès que vous vous taisez. Bien loin de les surmener, cet exercice les intéresse; il les récrée parfois. L'esprit, comme le corps, a besoin d'être nourri, Il y a, sans doute, de grandes précautions à prendre.

Dans sa brièveté, le programme des écoles maternelles embrasse une étendue considérable. La tâche de la maîtresse consiste à faire faire aux enfants la connaissance des grands hommes. Il n'est pas question le moins du monde d'un cours en forme. Cela viendra à l'école primaire. Mais, dès l'école maternelle, avant l'école primaire, il est bon, il est nécessaire que les enfants soient familiarisés avec les noms, avec la physionomie des grands acteurs qui jouent l'immense drame de l'histoire.

Combien sortaient de l'école autrefois sans avoir même entendu prononcer le nom des bienfaiteurs de l'humanité ou celui de ses tyrans! Chose douloureuse, aujourd'hui encore certains écoliers de vingt ans commettent les anachronismes les plus grossiers, ou confondent des noms respectés avec d'autres qu'on abhorre.

Est-ce donc impossible? Non.

L'enseignement de l'histoire est praticable à l'école maternelle. Il peut même être l'un des exercices les plus attrayants; il peut devenir très fécond, mais en restant simple.

Quel est le but à atteindre? C'est que chaque nom prononcé devant l'enfant parle à son esprit, qu'il lui rappelle un souvenir précis, qu'il fasse revenir devant ses yeux une image exacte. Nous voulons rendre les grands noms familiers à l'enfant. C'est beaucoup demander peut-être. Ce n'est pas trop, à coup sûr. Par des comparaisons faites entre le passé et le présent, entre ce que l'on raconte et ce que l'enfant voit, entre la vie du héros dont on parle et la vie des personnes qu'il connaît, par des questions habilement posées, par de fréquents retours en arrière, il est facile d'obtenir des résultats.

Et quelle précieuse ressource pour l'éducation morale que l'étude de

l'histoire! Au cours de la leçon, l'enfant est amené à porter des jugements. Il approuve, il condamne; il aime, il déteste; il réprouve les méchants, il voudrait ressembler aux bons. C'est au maître à provoquer ses préférences, sans les forcer, et à les diriger dans le sens de la vérité.

M. E. CALLOT

Directeur de la *Garantie générale (vie)*, à Paris.

LES BATAILLONS SCOLAIRES

— Séance du 14 août 1885 —

MESSIEURS,

S'il est parmi vous des partisans convaincus de l'institution des bataillons scolaires, qu'ils veuillent bien excuser ma franchise : « Je suis, j'ai toujours été et j'espère que je serai jusqu'à mon dernier jour l'adversaire acharné des bataillons scolaires. » Je ne demande pas mieux qu'on cherche à me démontrer leur utilité; mais je doute qu'on y parvienne. Je sais bien que, pour excuser cet enfantillage, on a prétendu que la création des bataillons scolaires aurait pour conséquence certaine la suppression dans un temps plus ou moins rapproché des armées permanentes. C'est très joli à dire dans un rapport emphatique au sein d'un Conseil municipal, qui rêve peut-être le rétablissement de la Garde nationale; c'est encore, comme a dit le poète à propos d'un autre sujet, une *admirable matière à mettre en vers latins*, et dans une distribution de prix un maire peut obtenir un succès de bon aloi en développant cette thèse patriotique devant un auditoire de bambins, pour qui le maniement du fusil est un jeu, et en présence de bonnes mères de famille, pour qui le service militaire est un épouvantail.

Je sais bien, et moi tout le premier, qui ai l'air d'en rire, j'avoue que lorsque au 14 Juillet je vois défiler sur la place publique ces bataillons de Lilliputiens, au-dessus desquels flotte le drapeau aux trois couleurs, marchant plus ou moins bien alignés, mais néanmoins avec une sorte de crânerie qui fait illusion, je ne puis me défendre d'une certaine émotion dont je consens très volontiers à faire l'aveu. Mais, qu'on ne s'y trompe pas, devant ce spectacle qui passionne la foule et soulève ses applaudissements, ce qui m'émeut, c'est bien moins ce que je vois que ce que j'espère; ce n'est pas le présent qui me touche, c'est l'avenir. Ces enfants qui passent le fusil sur l'épaule, je ne puis les regarder sans

songer qu'ils deviendront un jour de véritables soldats, qu'ils auront dans quelques années l'insigne honneur d'être les défenseurs de notre patrie mutilée ; peut-être même feront-ils partie de cette grande, de cette glorieuse armée qui nous rendra nos chères provinces ! Voilà pourquoi je sens se mouiller mes paupières, quand je les vois défiler sur nos boulevards ; mais si, le moment d'émotion passé, je me prends à examiner la question, non plus au point de vue sentimental, mais au point de vue sérieux, pratique, utilitaire, patriotique, je vous le déclare, je ne trouve pas un argument qui milite en faveur de cette institution.

Un autre peuple en a essayé avant nous ; c'est la Suisse. Vous ne nierez pas que dans ce noble pays tout ce qui tend à développer le patriotisme soit honoré et encouragé au suprême degré : sociétés de tir, sociétés de gymnastique, sociétés d'armes, tout concourt à entretenir chez le Suisse l'amour de la patrie. Eh bien ! nos voisins ont eu leurs bataillons scolaires ; ils avaient créé, bien avant que nous y songions, des régiments de pupilles. Puis un jour est venu où ils ont reconnu que cette création n'était pas seulement inutile, qu'elle était ridicule, et les pupilles ont été licenciés.

L'Allemagne ! il faut bien tourner les yeux de son côté pour voir ce qu'elle fait. Nation militaire par excellence, elle n'a rien négligé pour donner à ses enfants le goût et l'esprit militaire ; elle a fait de tous des soldats, soumis à une discipline de fer, qui les a rendus aptes à former ces solides bataillons que nos vaillantes troupes ont pu entamer, mais n'ont pas su vaincre. L'Allemagne n'a jamais voulu créer de bataillons scolaires, ni de régiments de pupilles. Elle a jugé avec raison que le « portez armes » ne suffisait pas à faire d'un jeune homme un soldat, et qu'avant de lui apprendre le maniement du fusil il fallait d'abord lui inspirer l'amour du métier militaire. Elle a pris l'enfant à l'école ; elle lui a enseigné par l'histoire à aimer sa patrie et à haïr l'étranger ; par une forte discipline scolaire elle lui a inculqué peu à peu cet esprit d'obéissance qui, il faut bien le reconnaître, fait la force des armées ; et enfin par la gymnastique, la marche, l'escrime, tous les exercices violents qui assouplissent les corps, elle a fait des hommes vaillants, susceptibles de résister aux fatigues de la guerre.

Nous, qu'avons-nous fait depuis 1871 ? Assurément on a beaucoup travaillé au ministère de la guerre et dans nos arsenaux. Notre armement est superbe ; nos fusils et nos canons valent ceux des Allemands ; notre matériel est au complet. Mais l'armée ? On a fait déjà deux lois sur le recrutement. Il faut croire que le première n'était pas bonne, puisqu'on a imaginé d'en faire une nouvelle. Celle-ci sera-t-elle meilleure ? Je n'en sais rien, mais d'aucuns affirment, méchamment sans doute, que, faite en vue des élections, elle ne survivra pas à la Chambre qui l'a votée. J'ai

beau chercher, je ne vois, comme grande institution militaire établie depuis 14 ans, que celle des bataillons scolaires, et notez que ce n'est pas le ministère de la guerre qui l'a mise en pratique ; bien au contraire, il a tout fait pour nuire à son développement, et si ce n'avait été le conseil municipal de Paris, qui tenait à avoir sa garde d'honneur, et le ministère de l'instruction publique, qui n'était pas fâché d'avoir une armée à sa disposition, ce dont il se repent peut-être aujourd'hui, j'estime que cette étonnante création n'aurait probablement jamais vu le jour.

Ainsi, depuis les épreuves de l'année terrible, nous n'avons rien su créer que des bataillons d'enfants ! On parle sans cesse de calquer nos institutions militaires sur celles de l'Allemagne. Que lui a-t-on emprunté jusqu'à présent, je vous le demande ? Rien, absolument rien ! Autrefois les enfants jouaient *au soldat* avec des petits bonshommes de plomb; ça les amusait et c'était de leur âge. Aujourd'hui ce sont les enfants qui ont remplacé les soldats de plomb, et ce sont les conseils municipaux qui font joujou avec nos bambins ! Ça ne les amuse pas, car ce n'est plus de leur âge ; mais ça leur est égal, parce qu'ils s'imaginent que l'argent follement dépensé à la création et à l'entretien des bataillons scolaires tourne au profit de la grandeur et de la force du pays. Belle, mais dangereuse illusion !

On a dit que les exercices militaires étaient pour nos écoliers une agréable distraction, un jeu utile qu'il fallait encourager. Accusez-moi, tant qu'il vous plaira, d'un chauvinisme exagéré ; mais, je vous l'avoue, mon esprit se refuse à comprendre que le meilleur procédé pour arriver à faire respecter une de nos plus nobles institutions soit celui qui consiste à la rabaisser à ce point d'en faire un jeu pour nos enfants ! Eh quoi ? n'est-ce donc rien que l'esprit militaire ? Le courage des guerriers qui, au mépris de la vie, s'élancent sur le champ de bataille sans crainte des balles ni des obus, n'est-ce plus une vertu, la plus haute, la plus sublime qu'il soit donné à l'homme de pratiquer ? Eh bien ! qu'en faites-vous ? Ne sentez-vous pas que vous la rapetissez de cent coudées, lorsque vous apprenez aux enfants des écoles à considérer comme un jeu le noble métier des armes ?

Mais, me dira-t-on, cette institution que vous critiquez si vivement, elle a un double mérite : le premier, qui consiste à enseigner aux enfants, dès leur jeune âge, le maniement de l'arme, c'est-à-dire les premiers principes de l'art militaire ; le second, qui a pour effet de leur inspirer de bonne heure l'amour de la patrie.

Examinons ces deux points, car ils ont leur importance. Je commencerai d'abord par invoquer un souvenir qui date de 1882. On célébrait à Reims, cette année-là, la huitième fête fédérale de gymnastique. Le ministre de l'instruction publique, M. Jules Ferry, avait daigné accepter la prési-

dence d'honneur de cette fête. On lui présenta un bataillon scolaire; c'était inévitable. Nos petits soldats manœuvrèrent avec un ensemble admirable; le public des tribunes trépignait d'enthousiasme. M. Jules Ferry s'empressa d'aller féliciter l'instituteur qui avait formé ce bataillon modèle, et voici la réponse que ce modeste fonctionnaire de l'enseignement public adressa au grand maître de l'Université : « Monsieur le Ministre, je suis d'autant plus touché de vos éloges que je n'ai eu que six semaines pour préparer ces enfants. » Quel aveu ! Ainsi il avait suffi d'un mois et demi à ce maître pour apprendre à ses élèves le maniement du fusil ! Vous m'avouerez que cette science, si c'en est une, ne présente pas de bien grandes difficultés, puisque des enfants—et vous m'accorderez qu'ils n'étaient pas tous d'une intelligence égale — ont pu en moins de deux mois apprendre à faire l'exercice comme de vrais soldats. J'en tire cette conséquence qu'enseigner à des enfants le maniement de l'arme est chose parfaitement inutile, puisqu'il leur suffira de six semaines, à leur entrée au régiment, pour s'initier aux premiers principes de l'art militaire.

J'ajoute que ces enfants, qui ont treize ans lorsqu'ils quittent l'école, auront certainement oublié à vingt et un ans ces mêmes principes qu'on avait réussi si facilement à leur inculquer dans leur jeune âge. Il est même à souhaiter qu'ils les aient oubliés complètement, car si, par infortune, ils s'imaginaient en avoir gardé le souvenir, je me figure qu'ils feraient de bien piètres soldats. Je raye donc du programme de l'enseignement primaire les exercices militaires, tels qu'on les pratique actuellement: 1° parce qu'ils sont inutiles; 2° parce qu'ils peuvent être dangereux, comme toute science qui, apprise trop tôt, ne laisse dans l'esprit que des souvenirs incertains qui faussent le jugement et créent les faux savants.

Mais l'amour de la patrie! mais le patriotisme! Nierez-vous aussi l'influence de l'instruction militaire sur le développement de ce sentiment? Oui, je le nie. Pour les enfants l'idée de patrie est une abstraction trop haute pour qu'elle puisse prendre corps dans leur jeune cerveau. Pour eux, l'expression *patrie* est un mot, pas autre chose. Ainsi que l'a écrit J.-J. Rousseau, je crois, la patrie, ce n'est pas seulement la maison que l'on habite, la ville où l'on est né; la patrie, c'est le pays tout entier auquel on appartient par droit de naissance, le pays avec ses institutions, ses mœurs, son génie, sa littérature, ses beaux-arts, le pays avec tout son passé, tantôt glorieux, tantôt sombre et plein de misères.

Au lieu de consacrer des heures précieuses à des exercices stériles, je vous demande de les employer à raconter aux enfants de nos écoles les grands faits de l'histoire de France, et cet enseignement fera plus pour éveiller dans leurs jeunes âmes l'idée de patrie, que cette pauvre, très pauvre instruction militaire, à laquelle je ne puis songer sans me rappeler

aussitôt ces jouets du premier jour de l'an, qui font, assurent les marchands, *la joie des enfants et la tranquillité des familles.*

Eh bien ! et l'esprit de discipline? Ne consentirez-vous pas à nous accorder que les exercices militaires sont plus que tous les autres aptes à le faire naître et à l'entretenir? Je consens bien volontiers à reconnaître que l'esprit de discipline est aussi nécessaire à l'homme qui vit dans la société de ses semblables qu'au soldat qui vit dans la caserne. J'ajoute qu'on ne saurait trop tôt habituer l'enfant à la pratique de cette vertu essentielle, qui a pour corollaire le respect de soi-même et des autres. Mais laissez-moi vous dire que, bien loin de développer l'esprit de discipline, la création des bataillons scolaires a eu pour premier effet de le bannir de l'école. J'ai consulté sur ce point bon nombre d'instituteurs primaires, et tous m'ont affirmé que, depuis le jour néfaste où l'on a eu la malencontreuse idée de transformer l'école en caserne, ils ont cessé d'être les maîtres de leurs élèves. Ce sont les gradés surtout qui ont donné l'exemple de l'indiscipline. Jean-Jean commande et ne veut plus être commandé. Loulou est sergent une fois la semaine. « Guide à droite », « guide à gauche », il ne connaît plus que cela. Obéir à un instituteur, — un civil, — fi donc ! Monsieur Loulou est sous-officier et entend qu'on respecte ses galons. Ne vous avisez pas de le punir : aux yeux de *ses hommes* il perdrait tout son prestige.

Devant l'arrogance de tout ce petit monde le pauvre instituteur est obligé de s'humilier. Il gémit. Osera-t-il se plaindre que la discipline s'en va, qu'elle se meurt? Et qui donc l'écouterait? L'institution des bataillons scolaires est à l'heure actuelle une arche sainte, à laquelle il n'est pas permis de toucher, surtout quand on est instituteur.

Messieurs, j'ai essayé de vous démontrer qu'au triple point de vue de l'instruction militaire, du patriotisme et de la discipline la création des bataillons scolaires n'avait produit et ne pouvait produire aucun résultat sérieux. Supprimer cette institution avant qu'elle ne succombe sous le poids du ridicule serait un acte de haute sagesse, que bien certainement on se gardera d'accomplir. Ne désespérons pas cependant du bon sens public. Un jour viendra sûrement où nos gouvernants, frappés par l'évidence, licencieront cette armée de bambins, comme on a licencié après la guerre cette bonne garde nationale qui nous a tant fait rire dans notre enfance. Ce jour-là, quand on aura mis à Cluny ou au Musée des antiques ces bons petits fusils de bois et ces sabres de carton qui font la joie des enfants de nos écoles, je ne demanderai pas la suppression des marches et contre-marches, j'entends qu'on les conserve. Mais je demanderai aux conseils municipaux d'employer les fonds qu'ils consacraient si follement à la création et à l'entretien des bataillons scolaires, de les employer, dis-je, à la construction de vastes gymnases,

dans lesquels nous apprendrons aux jeunes gens de dix-huit à vingt ans tous les exercices du corps, et particulièrement tous les exercices militaires, la théorie en même temps que la pratique. De cette façon nous arriverons véritablement à former une armée nationale, forte, aguerrie, susceptible de supporter les plus grandes épreuves, et capable de défendre à la fois la France et la République.

M. PETITON

Ingénieur des Mines, à Paris.

DE LA NÉCESSITÉ ABSOLUE D'UNE LANGUE UNIVERSELLE. « LE VOLAPÜK »

— *Séance du 17 août 1886* —

La nécessité d'une langue universelle s'impose-t-elle d'une façon absolue à notre époque ? Nous en avons depuis bien des années la profonde conviction, tant au point de vue des intérêts généraux du monde entier qu'au point de vue des intérêts particuliers de notre pays.

Dans un milieu aussi éclairé que celui dans lequel nous parlons, au sein de l'Association française pour l'avancement des sciences, nous ne croyons pas avoir beaucoup à insister pour faire toucher du doigt la nécessité de la création et de l'emploi d'une langue universelle.

Dès que nous sortons de la France et que nous voulons voyager en pays étranger, nous sommes en présence de difficultés inévitables, qui tiennent à ce que nous ne comprenons pas la langue des pays dans lesquels nous nous trouvons, quelle que soit d'ailleurs notre profession, que nous soyons négociants, industriels, architectes, ingénieurs, médecins, savants, etc. ! On répondra à ceci par le cliché banal : « Apprenez les langues étrangères ! »

Et on croira avoir donné la solution réparatrice des difficultés précitées ; et on ne vous aura indiqué, par le fait, aucun remède topique contre cette entrave aux transactions entre peuples parlant des langues différentes.

Car, enfin, quand vous aurez appris, outre votre langue maternelle, deux langues étrangères, par exemple, vous serez d'abord, disons-le immédiatement, dans une catégorie très rare ; et, en outre, comment les parlerez-vous, lesdites langues.

En dernière analyse, combien de temps aurez-vous perdu pour apprendre, oublier, réapprendre et parler plus ou moins mal deux langues étrangères ?

Vous avez appris l'anglais et l'italien, je suppose: à quoi cela vous servira-t-il dans les pays où on ne parle pas ces langues?

Et l'anglais, par exemple, quand vous l'aurez bien étudié, croyez-vous que vous saurez vous faire comprendre dans le pays où on le parle? C'est une illusion absolue! Apprendre l'anglais équivaut à apprendre trois langues:

1° L'*anglais écrit*, que vous prononcez de façon à n'être compris que par des Français.

2° L'*anglais*, prononcé comme il devrait l'être, quand les Anglais se donnent la peine de le prononcer correctement, ce qui est rare.

3° Et enfin l'*anglais usuel*, tel que les Anglais ont l'habitude de le parler, *incorrectement*, en ne prononçant pas la moitié des mots. C'est ainsi, par exemple, que: « *Ket's please* » voudra dire: « *Tickets if you please.* » Je n'insiste pas davantage!

Supposons donc que vous savez ces trois anglais et en plus l'italien. Que de temps perdu pour arriver à ce résultat! Et, amère ironie! à quoi cela vous servira-t-il quand vous serez en Allemagne ou en Espagne?

Si, au contraire, vous savez l'allemand et l'espagnol (et apprendre l'allemand n'est ni facile ni rapide), à quoi cela vous servira-t-il dans des pays où on ne parle ni allemand ni espagnol?

Il est évident que si on ne doit avoir de rapport qu'avec un peuple déterminé, on peut apprendre la langue de ce peuple. Mais les relations seront forcément limitées à ce seul peuple; et si vous voulez établir des relations avec d'autres pays étrangers, vous vous trouverez absolument entravé.

Il faudra donc, par exemple, dans une maison de commerce, en rapport avec plusieurs nations étrangères, avoir une armée d'interprètes. Mais quand vous aurez des employés parlant allemand, espagnol, italien, pourrez-vous en avoir d'autres parlant suédois, hollandais, russe, grec, turc, en limitant notre hypothèse à l'Europe? Et si nous sortons de l'Europe, que dire alors? Et quelle quantité d'employés à avoir! ce serait de toute impossibilité.

Si on se trouvait posséder une langue commerciale unique parlée partout, quelle différence! Quelle facilité dans les transactions! quel résultat de simplification merveilleuse obtenue comme moyen de communications, d'échanges et de multiplicité de relations!

Au point de vue industriel, n'est-ce pas absolument la même chose? N'en est-il pas de même, comme résultat à obtenir, au point de vue scientifique? Combien de fois, pour mon compte particulier, ai-je gémi de ne pouvoir consulter des ouvrages russes ou suédois dans lesquels je savais que certaines questions scientifiques avaient été traitées d'une façon remarquable!

Il nous parait inutile d'insister davantage.

Un mot, toutefois, pour qu'il n'y ait aucune ambiguïté dans notre desideratum.

Nous croyons avoir établi d'une façon irréfutable qu'une langue universelle est d'une nécessité absolue, maintenant surtout que les rapports de nation à nation sont de plus en plus fréquents et rapides, grâce aux chemins de fer et à l'électricité.

Mais est-ce dire que nous voulions la création et l'emploi d'une langue universelle remplaçant et supprimant toutes les autres langues?

Absolument pas! Nous voulons une langue universelle que chaque peuple parlerait en même temps qu'il conserverait, comme auparavant, l'usage de sa langue propre. La langue universelle permettrait à des gens qui, sans cela, n'auraient jamais pu se comprendre, d'échanger leurs idées entre eux. Tel est le desideratum que j'avais depuis mon enfance et que mes grands voyages en Orient et dans l'Extrême-Orient n'avaient fait que fortifier chez moi. Je voulais attirer l'attention du Congrès de Grenoble sur cette question, pour tâcher de provoquer un mouvement d'idées et une réunion d'efforts communs provenant de nations différentes pour arriver à un résultat pratique, afin de créer un instrument de communications entre les différents peuples. Sans parti pris aucun, j'avais pensé d'abord à attirer l'attention du monde savant (la nécessité d'une langue universelle étant une fois admise) sur cette langue qui a rendu tant de services à l'esprit humain, sur la langue latine. Malheureusement il y a des difficultés qui me paraissent insurmontables à vaincre, pour employer la langue latine. Une des difficultés, capitale d'après nous, c'est que le latin est difficile et long à apprendre, puisque dans les collèges on consacre cinq à six ans pour le savoir, fort mal, du reste.

En outre, certains sons ne seraient pas reproduits facilement par plusieurs peuples.

Ce ne serait, par suite, que les lettrés de chaque nation qui pourraient l'apprendre.

Des efforts ont été faits en Amérique, depuis 1882, pour développer l'étude de la langue latine, je n'ai pas eu l'occasion de retourner en Amérique depuis ces tentatives; j'aurais été fort désireux de connaître les résultats obtenus.

Telle était ma situation d'esprit quelques jours avant le Congrès de Grenoble, me demandant s'il fallait proposer un des nombreux essais qui ont été faits pour créer une langue de toutes pièces, lorsque mon attention a été appelée sur une langue universelle dont la simplicité m'a frappé. Mais, avant de parler de cette langue, disons que depuis deux siècles de nombreux efforts ont été tentés pour arriver à doter l'humanité d'une langue universelle. De grands esprits se sont préoccupés de résoudre ce

problème : parmi eux on peut citer Descartes et Leibnitz, Becker, Wilkins au XVII[e] siècle; Kalmar, Berger, de Cornel, Vater, de Marmieux, l'abbé Sicard, Budet, Chambry au XVIII[e] siècle; et enfin, au XIX[e] siècle, Nather, Schmied, Niethammer et Stein, l'Académie des sciences de Copenhague, Sinibaldo de Mas, Parat, Paic, Gablenz, Pizo, Sudre, Ochando, Holmar, Caumont, Lambert, Letellier, Steiner et Bachmaier.

Ce dernier avait fondé à Munich une société pour propager sa langue universelle et pour convoquer un congrès national à Paris.

Plusieurs gouvernements lui avaient fait le meilleur accueil, notamment les souverains d'Espagne et de Russie.

Mais toutes les langues artificielles, créées par les hommes éminents que nous avons cités, avaient des défauts graves qui devaient les faire écarter de la pratique. C'étaient, ou bien des systèmes pasigraphiques, uniquement compréhensibles à la lecture, ou bien des langues accessibles seulement à des intelligences d'élite, ou tout simplement quelque langue *existante* modifiée.

Une des premières idées qui se présentent pour résoudre la question d'une langue universelle serait l'adoption, par *entente commune préalable*, d'une des langues modernes parlées : par exemple, l'anglais, l'allemand, l'espagnol, le français. — Poser la question, c'est, il me semble, la résoudre immédiatement : négativement, malheureusement. Inutile d'insister sur les rivalités nationales. Elles dureront probablement autant que les nations elles-mêmes existeront.

Par suite, pour cette raison puissante, il n'y a pas lieu d'adopter un idiome européen existant.

Il y a un deuxième motif capital pour le rejeter. S'il faut deux ou trois ans à un Français pour apprendre l'allemand, combien faudra-t-il de temps à un Turc, à un Japonais, à un Chinois, etc., pour apprendre le français, l'allemand ou l'anglais ? Les verbes à eux seuls présentent des difficultés presque insurmontables. Aussi, si on veut créer une langue artificielle, faut-il la débarrasser de toutes les difficultés qui caractérisent nos langues maternelles. Il faut, pour que la langue désirée remplisse le but qu'on se propose, qu'on puisse avec cette langue communiquer et par la parole et par l'écriture.

Il faut qu'on écarte le plus possible les difficultés de prononciation qui caractérisent l'anglais, le français et la plupart des langues slaves, en ne donnant qu'un seul et même son à chaque lettre, voyelle ou consonne. Il faut éviter les difficultés d'orthographe, ce qu'on obtiendra en écrivant les mots tels qu'on les prononce et les prononçant tels qu'on les écrit. Enfin, il faut éviter une grande difficulté, celle de l'accentuation. Pour cela on peut adopter le principe de la prononciation française, en mettant toujours l'accent sur la syllabe finale.

Enfin, on peut emprunter au français sa construction, qui est, sans contredit, une des plus faciles de toutes les langues de l'Europe. En dernier lieu, on doit avoir une grammaire aussi simple que possible. Ces qualités qu'il fallait réunir dans la langue universelle à créer, qualités qui forment un ensemble de conditions irréductibles sans lesquelles la angue universelle à créer ne serait pas viable, nous croyons les avoir trouvées réunies dans une langue créée de toutes pièces, dont il y a peu de temps nous ne connaissions même pas l'existence ; et le nom de cette langue, c'est le *volapük*.

Qu'est-ce que le volapük ?

Le volapük est une langue universelle que M. Schleyer, de Constance, homme de lettres et linguiste distingué, a créée après vingt ans d'efforts persévérants.

Comment ai-je eu connaissance du volapük ?

De la façon la plus simple. Quelques jours avant le Congrès de Grenoble je revenais d'un long voyage, quand une personne que je ne connaissais pas demanda à me voir : c'était M. Kerckhoffs, docteur ès lettres, professeur à l'École des Hautes Études commerciales de Paris, qui me dit :

« Monsieur, je connaissais votre nom comme ingénieur, mais je n'avais pas l'honneur de vous connaître personnellement. J'ai su que vous alliez faire une communication à l'Association française pour l'avancement des sciences, au Congrès de Grenoble, *sur la nécessité absolue d'une langue universelle*.

» J'ai enseigné cette année-ci une langue nouvelle, « le volapük », à l'École des Hautes Études commerciales, et je viens vous présenter la grammaire de cette langue et me mettre à votre disposition pour vous fournir tous les renseignements que vous désirerez avoir sur le volapük. Examinez et lisez la grammaire que voici. Je suis convaincu que le volapük vous paraîtra être une langue remplissant le desideratum de toute langue universelle : être simple et facile à apprendre pour tous. »

J'ai lu et étudié ladite grammaire. Le volapük m'a paru, malgré évidemment un certain nombre d'imperfections, une langue appelée à rendre les plus grands services, et voilà pourquoi je crois pouvoir dire :

« Faites comme moi, lisez et étudiez la grammaire volapük, et je suis porté à croire que vous partagerez ma façon de voir qui est la suivante : c'est que le volapük constitue une langue facile à apprendre, facile à parler, incontestablement, pour tous les Européens, même peu lettrés. C'est ce qu'on peut appeler une langue vraiment et *utilement* démocratique. Elle est incontestablement la langue européenne la plus facile que les habitants de l'Orient et de l'Extrême-Orient puissent apprendre. Cette langue peut servir de langue universelle. »

Ceci posé, quelques explications complémentaires pour donner un aperçu rapide du volapük et de la simplicité de sa grammaire.

GRAMMAIRE VOLAPÜK

Il y a dans le volapük trois voyelles de plus qu'en français, ce sont : ä, ö, ü.

Les voyelles sont toujours longues, elles se prononcent comme suit:

a comme	a dans	pâte.	o comme	ô dans	côte.
ä	ê	mêle.	ö	eu	feu.
e	é	thé.	u	ou	sou.
i	i	pire.	ü	u	tube.

Il y a vingt consonnes qui se prononcent comme en français, à l'exception des suivantes: c, g, h, j, z, petit (c), qui se prononcent :

c	comme j anglais,	can	pr. djâne.
g	comme gu	genal	pr. guênâle.
h	comme j espagnol.		
j	comme ch français.		
z	comme z allemand.		
petit (c)	comme h aspiré.		

Le principe de l'accentuation est le même qu'en français. L'accent tombe toujours sur la syllabe finale.

SUBSTANTIF.

Le volapük n'a qu'une seule déclinaison, qui est la même pour toutes les parties déclinables du discours. L'article, soit défini, soit indéfini, soit partitif, est supprimé.

	Singulier		*Pluriel*
N.	Pul (le garçon).	N.	Puls (les garçons).
G.	Pula.	G.	Pulas.
D.	Pule.	D.	Pules.
A.	Puli.	A.	Pulis.
V.	O Pul.	V.	O Puls.

On rend le génitif et le datif des noms propres par les prépositions *de* et *len*.

Tous les noms sont du genre masculin, à l'exception de ceux qui désignent des êtres femelles.

On forme le féminin en préfixant le pronom *of*, elle, au masculin.

Pul, le garçon. Of-Pul, la fille.

Lorsqu'on veut appeler l'attention sur le genre naturel, on se sert du préfixe *ji*.

Dog, le chien. Ji-Dog, la chienne.

ADJECTIF.

L'adjectif se forme du substantif par l'addition de la désinence *ik*. Il reste invariable et se place toujours après le substantif.

Boks gudik, de bons livres,

gudik étant formé de *gud* bonté.

L'adjectif pris substantivement doit être décliné. On peut former de l'adjectif un substantif neutre en ajoutant le suffixe *os*, neutre de *om*, il.

Pöfudik, utile. Pöfudikos. l'utile.

Le comparatif et le superlatif sont formés à l'aide des désinences *um* et *ün*, ajoutés au positif.

Ex. : Jeune, yunik ; plus jeune, yunikuum ; le plus jeune, yudikün.

Les conjonctions *aussi* et *que* se rendent par *so* et *ka*.

Ex. : Binol *so* gletik *ka* om, Je suis aussi grand que lui.

NOMS DE NOMBRE.

Nombres cardinaux.

1	Bal.	10	Bals.	11	Balsebal.
2	Tel.	20	Tels.	12	Balsetel.
3	Kil.	30	Kils.		
4	Fol.	40	Fols.		
5	Lul.	50	Luls.		
6	Mäl.	60	Mäls.		
7	Vel.	70	Vels.		
8	Jöl.	80	Jöls.		
9	Zül.	90	Züls.		
100	Tum.	1000	Mil.	5000	Lulmil.

ADJECTIFS NUMÉRAUX.

Balid,	premier.	Balik,	simple.
Telid,	deuxième.	Telik,	double.

Un quart, deux cinquièmes, se traduisent par foldil bal, luldils tel.

PRONOMS.

Pronoms personnels.

Ob,	Obs.	Je,	Nous.	Om,	Oms.	Il,	Ils.
Ol,	Ols.	Tu,	Vous.	Of,	Ofs.	Elle,	Elles.

Les pronoms se déclinent comme les substantifs.

Il y a encore quatre autres pronoms personnels en volapük : *ons*, le nous de la conversation (*vd* des Espagnols), au pluriel *onss ; os*, le neutre de il ; l'indéfini *on*, on, et l'infléchi *ok*, se.

PRONOMS ET ADJECTIFS POSSESSIFS.

Les pronoms et adjectifs possessifs se forment des pronoms personnels par l'addition de *ik:*

Obik,	mon, le mien.	Obsik,	notre, le nôtre.
Olik,	ton, le tien.	Olsik,	notre, le nôtre.
Omik,	son, le sien.	Omsik,	leur, le leur.
Ofik,	son, le sien.	Ofsik,	leur, le leur.

Les pronoms possessifs sont déclinables.

Flenes olik ed omikes, A tes amis et aux siens.

PRONOMS ET ADJECTIFS DÉMONSTRATIFS.

L'adjectif démonstratif *ce* se traduit par *at* et *et*; le premier sert pour les objets rapprochés, et le second pour les objets éloignés :

Söl at e läd et, Ce monsieur-ci et cette dame-là.

Les pronoms celui-ci et celui-là se traduisent également par *at* et *et*.

Les pronoms *at* et *et* peuvent prendre la forme *atof* et *etof* pour le féminin: celle-ci, celle-là, et *atos* et *etos* pour le neutre: ceci, cela.

Les pronoms démonstratifs se déclinent comme les autres pronoms.

Sagol osi ate ed ete, Je le dis à celui-ci et à celui-là.

PRONOMS ET ADJECTIFS INTERROGATIFS.

Les pronoms *qui, lequel,* se traduisent par *kim,* pour le masculin, *kif,* pour le féminin, et *kis,* pour le neutre ; ces trois formes sont déclinables.

L'adjectif interrogatif *quel* se traduit par *kiom, kiof, kios* ; pour préciser davantage, on peut employer *kimik,* quelle espèce de, pour les deux genres.

PRONOMS RELATIFS.

Le pronom relatif *qui, lequel,* se traduit, pour le masculin et le féminin, par *kel;* le neutre *ce qui* se rend par *kelos.*

VERBE.

On distingue dans la conjugaison des verbes une forme active, une forme passive et une forme réfléchie.

Les temps sont caractérisés par des auguments, et les personnes sont marquées par les pronoms personnels, ajoutés au radical du verbe ; ce radical est généralement un substantif:

Ex.: Löf, amour, löfön, aimer.

VERBE ACTIF

A. *Présent de l'indicatif.*

1.	Löfob,	Löfobs,	J'aime,	Nous aimons
2.	Löfol,	Löfols,	Tu aimes,	Vous aimez.
2.	Löfons,	Löfonss,	Vous aimez,	Vous aimez.
3.	Löfom,	Löfoms,	Il aime,	Ils aiment.
3.	Löfof,	Löfofs,	Elle aime,	Elles aiment.
3.	Löfon,		On aime,	

B. *Autres temps de l'indicatif.*

Imparfait	ä	Löfob.	J'aimais.
Passé indéfini	e		J'ai aimé.
Plus-que-parfait	i		J'avais aimé.
Futur présent	o		J'aimerai.
Futur passé	u		J'aurai aimé.

C. *Conditionnel.*

On forme le conditionnel en ajoutant la désinence *öv* à l'imparfait et au plus-que-parfait de l'indicatif.

Présent.	Älöfoböv,	J'aimerais.
Passé.	Ilöfoböv,	J'aurais aimé.

L'interrogation est marquée, comme en russe, par le préfixe *li* (est-ce que) ajouté au verbe; ce préfixe se supprime lorsque le verbe est précédé d'un pronom interrogatif ou d'un adverbe d'interrogation.

Li-studons volapüki?	Étudiez-vous le volapük?
Kisi osagons ome?	Que lui direz-vous?
Kikod no pükol?	Pourquoi ne parles-tu pas?

D. *Impératif.*

On forme l'impératif en ajoutant la désinence *öd* aux divers temps de l'indicatif.

Löfol,	Tu aimes.	Löfolöd,	Aime.
Elöfom,	Il a aimé.	Elöfomöd,	Qu'il ait aimé.

Lorsqu'on veut exprimer, non un ordre, mais un simple souhait, on remplace la désinence *öd* par *ös*.

Flent lifomös, Vive la France!

E. *Subjonctif.*

Il n'y a, à proprement parler, pas de subjonctif en volapük, les deux formes de l'impératif y suppléant là où l'emploi de ce mode peut paraître indispensable aux Français. On le forme, au reste, par l'addition du suffixe *la*, aux temps de l'indicatif.

Löfob-la,	Que j'aime.	Elöfob-la,	Que j'aie aimé.
Älöfob-la,	Que j'aimasse.	Ilöfob-la,	Que j'eusse aimé.

F. *Infinitifs et Participes.*

L'infinitif se termine toujours par *ön.*

Présent.	Löfön,	Aimer.
Passé.	Ilöfon,	Avoir aimé.
Futur.	Olöfon,	Aller aimer.

Lorsque l'infinitif français est précédé d'un *pour* (afin de), soit exprimé, soit sous-entendu, on prépose *al.*

Kömob al pükön ke ons, Je viens (pour) parler avec vous.

Les participes sont caractérisés par la désinence *öl.*

Présent.	Löföl,	Aimant.
Passé.	Elöföl,	Ayant aimé.
Futur.	Olöföl,	Allant aimer.

Le participe précédé de *en* se rend par l'infinitif.

En aimant, In löfön.

VERBE PASSIF.

On forme le passif des verbes en préfixant un *p* aux différents temps de l'actif; au présent, qui n'a pas d'augment, on ajoute, en plus, un *a.*

Présent.	Pa	Löfob,	Je suis aimé.
Imparfait.	Pä		J'étais aimé.
Passé indéfini.	Pe		J'ai été aimé.
Plus-que-parfait.	Pi		J'avais été aimé.
Futur présent.	Po		Je serai aimé.
Futur passé.	Pu		J'aurai été aimé.
Conditionnel présent.		Pälöfoböv,	Je serais aimé.
Conditionnel passé.		Pilöföböv,	J'aurais été aimé.
Impératif.		Palöfolöd,	Sois aimé.
Subjonctif.		Palöfob-la,	Que je sois aimé.
Infinitif présent.		Palöfön,	Être aimé.
— passé.		Pelöfön,	Avoir été aimé,
— futur.		Palöfön,	« Aller » être aimé.
Participe présent.		Palöföl,	Aimé.
— passé.		Pelöföl,	Ayant été aimé.
— futur.		Polöföl,	« Allant » être aimé.

VERBES RÉFLÉCHIS ET IMPERSONNELS.

Le verbe réfléchi se conjugue, comme en français, à l'aide de l'accusatif du pronom personnel; les verbes actifs peuvent seuls prendre la forme réfléchie :

Se laver, Vatükön oki.

Vatükob obi, Je me lave.
Ävatükob obi, Je me lavais.
Evatükob obi, Je me suis lavé.

On peut aussi remplacer le pronom personnel par le réfléchi *ok*, ajouté aux diverses personnes.

Le verbe impersonnel est caractérisé par le suffixe pronominal *os*.

Tötos, Il tonne.
Etötos, Il a tonné.

On emploie encore la forme impersonnelle, lorsque le sujet est représenté par un neutre quelconque, exprimé ou sous-entendu.

No binos velatik, Ce n'est pas vrai.

Nous ne nous étendrons pas sur les adverbes, les prépositions et les conjonctions.

Nous dirons seulement que les adverbes qualificatifs se forment des adjectifs par l'addition d'un *o*.

Ex.: Gudik, bon. Gudiko, bien.

Nous ajouterons que les prépositions sont toujours suivies du nominatif.

FORMATION DES MOTS.

RADICAUX.

Les radicaux sont généralement des substantifs; ils ont été empruntés aux diverses langues romane, germanique et principalement à l'anglais.

Comme la prononciation de la lettre *r* présente des difficultés aux peuples orientaux, celle-ci est généralement remplacée par un *l*.

Ex.: Bel (Berg), montagne. Glid (Greet), salutation.

DÉRIVÉS.

A. *Substantifs.*

Les substantifs dérivés sont formés des substantifs radicaux par l'addition de suffixes et de préfixes.

a) Les principaux suffixes sont: *ab*, *al*, *at*, *av*, *el*, *en*, etc. Quelques-uns correspondent à des classes d'idées bien déterminées; d'autres correspondent aux suffixes allemands (Ung), (Schafft), et (Thum), etc.

b) Quant aux préfixes, ils sont pour la plupart des adverbes et des prépositions.

Ex.: *Ke*, *le* (augmentatif), *lu* (péjoratif), *ne* (négatif), *se*, etc.

B. *Verbes.*

Les verbes radicaux sont formés des substantifs par l'addition de la désinence *ön*:

Ex.: Giv (don). — Givön (donner).

Les verbes dérivés sont formés à l'aide des mêmes préfixes qui servent aux substantifs.

MOTS COMPOSÉS.

Le volapük admet des mots composés de deux mots.

Le déterminant devra toujours suivre le déterminé, qui se place généralement au génitif.

Ex. : Fataslän, patrie. — Län fatas, le pays des pères.

CONSTRUCTION.

La construction en volapük se résume dans ce principe général que le déterminé doit toujours précéder le déterminant ; il en résulte les quatre règles suivantes :

1° L'adjectif, soit déterminatif, soit qualificatif, suit le substantif.

2° Le sujet se place avant le verbe, quelle que soit d'ailleurs la nature de la phrase.

3° Le complément ou l'attribut suit le verbe.

La négation, ainsi que les pronoms, adjectifs et adverbes d'interrogation, peuvent seuls précéder le verbe :

Kikod no pükons ? Pourquoi ne parlez-vous pas ?

4° Les différents compléments se suivent dans l'ordre de leur importance dans la phrase.

Me voici arrivé au terme de la communication que je désirais faire. La nécessité absolue d'une langue universelle, j'ose espérer que ceux qui me liront la sentiront comme moi. J'ai, abandonnant mes idées personnelles, exposé brièvement ici les principes de la langue volapük, qui m'a paru remplir le desideratum d'une langue universelle par sa simplicité.

Je ne demande qu'une chose à ceux que cette question intéresse, je me contente de leur dire : « Faites comme moi, prenez la peine de lire la courte grammaire de volapük faite par M. le professeur Kerckhoffs, et j'ai la persuasion que vous trouverez que le volapük est une langue à laquelle vous devez donner votre précieux concours pour la répandre et permettre aux différents membres de l'espèce humaine de pouvoir communiquer les uns avec les autres avec un instrument incontestablement facile à manier pour les habitants de l'Europe et des Amériques, et, en la comparant aux autres langues de notre continent, relativement peu difficile à apprendre pour les hommes des autres parties du monde. »

M. Paul BERTON

Instituteur public, Professeur de *Leçons de choses* aux Cours normaux de la Société
pour l'instruction élémentaire, à Paris;
Fondateur de la *Correspondance interscolaire*.

LES ÉCHANGES MUTUELS ENTRE MUSÉES SCOLAIRES ET CANTONAUX PAR L'ASSOCIATION PÉDAGOGIQUE. — CONSTITUTION D'UN BUREAU D'ÉCHANGES

La nécessité du musée scolaire, ou l'ensemble de collections technologiques, n'est plus à démontrer depuis que la pédagogie moderne a pris pour base de son enseignement la méthode la plus rationnelle, l'intuition raisonnée par la vue des choses, par l'observation directe, par l'analyse facilitant l'exercice et la mémoire des sens et des facultés. C'est l'*enseignement par l'aspect*, sous toutes ses formes, qui a pris possession définitivement de nos écoles, et le musée scolaire constitue aujourd'hui le matériel pédagogique de l'instituteur.

Cette *bibliothèque de choses*, ces collections d'objets naturels ou manufacturés, tirés d'une localité, d'une région toujours restreinte, tout cela est-il suffisant pour tenir l'enseignement, aussi élémentaire qu'il soit, au courant des connaissances positives que rend indispensables la complexité de la civilisation actuelle, même dans la plus arriérée de nos provinces?

Assurément non, lorsque le musée scolaire doit être composé d'objets de toute provenance, de notre pays comme de l'étranger, et convenir ainsi à un enseignement à la fois pratique et quotidien, qui est la meilleure préparation à l'apprentissage d'un métier aux divers points de vue agricole, industriel ou commercial.

Aussi pourquoi ne pas établir entre instituteurs, entre ceux-ci et tant de personnes dévouées à l'instruction, ces échanges mutuels d'objets ou de collections de toute nature, dont on peut disposer contre d'autres dont on manque?

Pourquoi ne pas se communiquer les besoins réciproques de l'*outillage scolaire*, toujours incomplet malgré le zèle et le dévouement qu'on y apporte?

Pourquoi ne pas les faire connaître, ces besoins, à ceux qui peuvent y pourvoir, à tous les gens de métier qui produisent ou qui façonnent sous mille formes diverses, à tous les gens de cœur, en un mot, qui, dans leur industrie, leurs voyages, leurs excursions ou par leurs fonctions, leur fortune, par leurs moyens d'action, contribuent ainsi au développement

d'une œuvre appelée par son but même à rendre les plus grands services à l'éducation nationale ?

Nous avons pensé que la solidarité des efforts communs entre hommes d'enseignement consiste surtout à organiser ces échanges confraternels sans autres dépenses que celles nécessitées par des envois réciproques, et nous nous sommes fait, au centre intellectuel de la France, l'*intermédiaire* des intéressés en leur indiquant, soit par information directe, soit par la presse pédagogique, les offres et les demandes, et les voies et moyens d'opérer ces échanges en France comme à l'étranger.

C'est par l'association que notre première idée est devenue une réalité. Une légère cotisation — *deux francs par an* — permet aux *membres participants* de recevoir toutes les communications de nos correspondants et les renseignements relatifs à l'organisation pédagogique et à la classification scientifique ou usuelle du musée scolaire communal ou cantonal.

Il suffit d'écrire à l'adresse de notre *Bureau d'échanges* (1) pour obtenir toutes les indications désirables.

M. Ch. BERDELLÉ

Délégué cantonal, à Rioz (Haute-Saône).

SYMÉTRIE DES CHIFFRES DU LIVRET (TABLE DE MULTIPLICATION) (2)

— Séance du 19 août 1883 —

C'est un grand tort, dans les arithmétiques, de donner la table de multiplication sans indiquer aucun des nombreux moyens qui existent d'en retenir plus facilement les produits. Qui de nous, dans son enfance, n'a cru avoir affaire à une salade de chiffres disposés, pour ainsi dire, au hasard ? Pourtant, si on considère la manière dont les chiffres des unités des divers produits sont rangés autour du point central 25, on constate une symétrie qui saute aux yeux. Pour les chiffres des dizaines, la symétrie qui existe est d'une autre espèce ; elle est moins immédiatement visible, mais elle est tout aussi remarquable.

Prenons deux nombres complémentaires quelconques, par exemple

(1) 1, Place de Bitche, Paris.

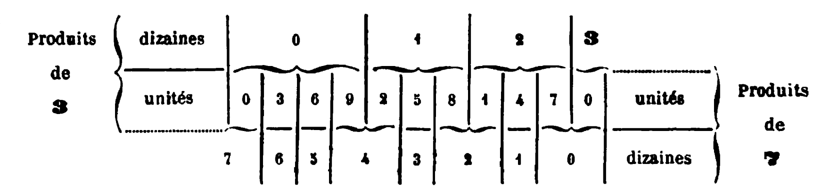
(2) Voir, sur cette question, une brochure publiée par M. Berdellé, en 1860, et intitulée : *Premiers Exercices de calcul mental appliqués à l'étude du livret.*

3 et 7. Pour ajouter 3 à un nombre quelconque, il existe deux méthodes à employer, selon que le chiffre des unités de ce nombre est inférieur à 7, ou au moins égal à ce nombre. Dans le premier cas, on augmente de 3 le chiffre des unités. Dans le second, on augmente d'une unité le nombre des dizaines et on diminue de 7 celui des unités.

De même, il y a deux manières d'ajouter 7 à un nombre : l'une consistant à augmenter, si c'est possible, de 7, le chiffre des unités du nombre ; l'autre, d'augmenter d'une unité le nombre des dizaines et de diminuer de 3 celui des unités.

Les enfants à qui on aura fait remarquer cette double manière d'ajouter à un nombre quelconque un nombre d'un seul chiffre, comprendront facilement la raison de la symétrie qui existe dans les produits du livret.

Écrivons sur une ligne horizontale les chiffres des unités des produits de 3 par les nombres 0, 1, 2,... 9, 10. Séparons-les par des traits verticaux que nous prolongerons par le haut chaque fois qu'un chiffre est suivi d'un autre plus petit, et par le bas dans le cas contraire.



Dans les cases formées par les verticales prolongées mettons, case par case, la suite des nombres naturels 0, 1, 2,... etc., en commençant par la gauche pour les cases d'en haut, par la droite pour les cases d'en bas.

Nous aurons ainsi trois lignes de chiffres. Celle du milieu donnera les chiffres des unités des produits de 3 ou bien ceux des produits de 7 par 0, 1, 2,... etc., selon qu'on commencera à les lire par la gauche ou par la droite.

La ligne du dessus donnera, en commençant par la gauche, les chiffres des dizaines des produits de 3.

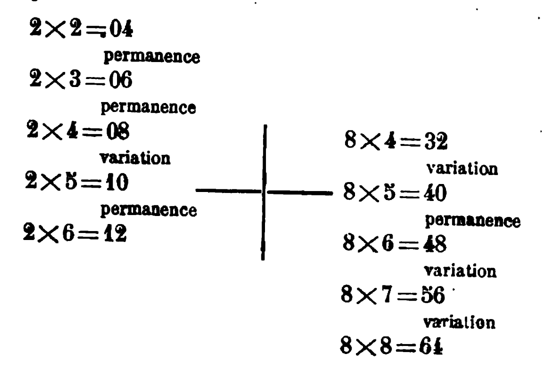
La ligne du dessous donnera, en commençant par la droite, les chiffres des dizaines des produits de 7.

Pareilles opérations pourront se faire pour 1 et 9; pour 2 et 8; pour 4 et 6 et même pour 5 et 5.

La conclusion de tout cela est que le nombre 25 est dans le livret un centre de symétrie pour les chiffres des unités des produits ; de telle sorte, par exemple, que 2×2 et 8×8 ont tous les deux pour chiffre des unités 4.

Quant aux chiffres des dizaines, la symétrie existe d'une autre manière, en ce sens que la place symétrique à celle d'une permanence est occupée par une variation, et réciproquement. En effet, il y a permanence du chiffre des dizaines quand celui des unités augmente, et variation du chiffre des dizaines quand celui des unités diminue.

Exemple :



En s'appuyant sur des considérations du même genre, il est très facile de tracer, pour ainsi dire, *currente calamo*, le livret d'un système de numération dont la base n'est pas supérieure à 12.

Voici, comme exemple, le livret de la numération seximale ou à base 6 :

01	02	03		05
02	04	10	12	14
03	10	13	20	23
04	12	20	24	32
0	14	23	32	41

M. le Docteur TROLARD

Professeur à l'École de Médecine, à Alger.

LES BUREAUX MUNICIPAUX D'HYGIÈNE

— *Séance du 18 août 1885* —

L'objet des bureaux d'hygiène a été indiqué de la façon la plus heureuse dans les considérants suivants d'un arrêté portant création d'un de ces bureaux dans la ville du Havre :

« Considérant que la santé est la base sur laquelle repose, avant tout, le bonheur du peuple.

« Qu'elle est la première richesse d'une ville comme celle d'un pays, puisqu'elle a pour conséquence d'augmenter l'accroissement de la puissance de production et de diminuer les charges.

« Considérant qu'il est du devoir de l'administration municipale de prendre toutes les mesures propres à rechercher les causes des maladies contagieuses, afin de porter remède et d'en prévenir le retour.

« Considérant que l'établissement au Havre d'un bureau municipal d'hygiène ayant pour but de connaître de *tout* ce qui intéresse la salubrité est d'une utilité incontestable au point de vue de la santé publique... »

On ne peut, en effet, mieux résumer, mieux préciser le rôle et l'objet des bureaux d'hygiène.

Le bureau d'hygiène du Havre, que je prendrai comme type, a dans ses attributions :

1° L'état-civil; 2° la vaccination; 3° les écoles et asiles; 4° la surveillance des marchés et de toutes les denrées; 5° les logements insalubres; 6° les mesures à prendre en temps d'épidémie; 7° la statistique médicale; 8° la publication de ses travaux.

On pourrait y joindre, à mon avis, d'autres services, tels qu'un laboratoire d'expertise, la surveillance des eaux d'alimentation, des cimetières, du nettoiement et des égouts, le service des mœurs, le service médical des bureaux de bienfaisance.

D'autres institutions, qui sont le plus souvent entretenues par l'initiative privée, telles que l'hospitalité de nuit, les crèches, pourraient être aussi rattachées, au point de vue médical, bien entendu, au bureau d'hygiène.

Enfin, les médecins des enfants assistés et des enfants du premier âge devraient faire partie du bureau, qui comprendrait aussi dans ses attributions la surveillance et la direction des bureaux de nourrices.

Tout ce qui concerne, en un mot, l'hygiène d'une ville serait du ressort du bureau.

Il n'est besoin, je crois, d'aucun développement pour démontrer les immenses avantages que l'on obtiendrait en réunissant dans les attributions d'un seul conseil les services éparpillés de tous côtés, sans lien commun, et dont l'action, non dirigée, est stérile, quand elle n'amène pas des conflits.

C'est ce bureau qui, en temps d'épidémie, aurait le commandement suprême pour l'organisation des mesures de préservation et de défense. On éviterait ainsi les faits déplorables qui se produisent quand le danger menace. A ce moment, c'est le désordre, c'est la contradiction, c'est le chaos. Beaucoup de bruit, beaucoup de tapage, — qui s'entend jusque dans les bureaux à décorations du ministère, il est vrai, — mais qui n'aboutit à rien, absolument à rien.

Le fonctionnement de ces bureaux a déjà fait ses preuves : dans les villes de France qui en sont dotées — il n'y a encore, je crois, que Nancy et le Havre — on est arrivé à de très beaux résultats.

Il suffit de parcourir les travaux qu'ils publient à la fin de chaque année, pour être oonvaincu que c'est là de la belle et de la bonne besogne.

Le rouage en est des plus simples : il consiste à séparer les villes par quartiers ; au Havre, il y en a sept. Chacun de ces quartiers est sous la direction d'un médecin. Les médecins de quartiers constituent un bureau qui centralise tous les renseignements, rapports, opérations, etc., et qui transmet ses avis et délibérations à une commission composée de conseillers municipaux, laquelle statue définitivement en dernier ressort.

Quand j'aurai dit qu'au Havre les médecins de quartiers sont arrivés à obtenir des résultats avec la loi des logements insalubres, j'aurai fait le plus grand éloge d'une institution dont les habitants ont tous compris l'importance.

Je dois mentionner ici une innovation extrêmement pratique, due à ce même bureau du Havre. Chaque maison possède son *casier sanitaire*. C'est une feuille qui peut recevoir chaque année, pendant une période de vingt ans, les renseignements suivants :

1° Nombre d'habitants de la maison à chaque recensement ;

2° Le chiffre des décès survenus dans la maison pendant l'année;

3° L'indication des principales maladies qui ont occasionné ces décès ;

4° Dans une large colonne d'observations, les renseignements sanitaires, les causes d'insalubrité signalées et constatées; les visites de la commission des logements insalubres, motifs et résultats ; l'existence dans la maison de latrines, puisards, citernes, etc., etc.

Les feuilles sont classées par numéros de maisons et les rues par ordre

alphabétique; bien que le nombre en soit considérable, les recherches, avec ce classement, ne sont ni longues ni difficiles.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'utilité de ce très simple et très utile casier sanitaire. Que de curieuses choses on découvrirait chaque jour s'il était adopté dans toutes les villes!

Une mesure très recommandable aussi est celle qui consiste à faire faire de petites causeries familières sur l'hygiène par les médecins, quand ils passent dans les écoles. Indépendamment de la propagation par la parole des principes de l'hygiène, le bureau distribue à profusion et dans toutes les circonstances des brochures d'instruction populaire ayant trait à l'hygiène, aux soins à donner aux enfants malades, aux principaux accidents, etc., etc.

Il est facile de se représenter les immenses services que rendrait à une population une réunion d'hommes compétents, connaissant chacun leur quartier jusque dans les plus petits détails, se réunissant plusieurs fois par mois, ayant même communauté de vue, agissant vers un but déterminé.

Quand on réfléchit à la simplicité de cette idée, on ne peut qu'être surpris de voir les municipalités des villes ne pas s'empresser de s'adjoindre un conseil compétent, auprès duquel elles pourraient se décharger d'une grande partie de leur responsabilité.

En cherchant les causes de leur abstention dans l'application d'une idée aussi humanitaire et en même temps aussi pratique, on en trouve plusieurs.

Quelques municipalités sont dénuées de toutes ressources. D'autres possèdent des ressources suffisantes, mais préfèrent les affecter à des dépenses qui frappent davantage les yeux et flattent les goûts des électeurs.

D'autres n'ont pas encore entrevu le côté pratique de l'institution: alors qu'elles appliquent des sommes énormes à l'assistance publique, elles n'ont pas compris que les dépenses faites pour l'hygiène diminueront les premières dans des proportions considérables.

D'autres enfin redoutent l'action d'un conseil composé d'hommes techniques compétents et indépendants, et dont on ne pourrait, sans motifs, jeter au panier les avis et les délibérations.

La conclusion est qu'il ne faut pas compter sur les municipalités pour organiser les bureaux d'hygiène; j'estime que le devoir de l'État est d'intervenir.

L'autonomie des communes est notre rêve à tous; mais cette autonomie ne saurait jamais être préjudiciable aux voisins et au pays tout entier.

Or, les municipalités qui ne prennent aucune précaution d'hygiène, qui, en temps de danger, se bornent à des mesures illusoires, créent des foyers d'infection, qui rayonnent ensuite chez le voisin d'abord et ensuite dans tout le pays.

Ne s'agit-il pas, en définitive, du salut public? L'État, en intervenant, dépasserait-il, dans ce cas, les limites de ses devoirs? Je ne le crois pas. On a bien fait une loi pour les logements insalubres; on a fait des lois pour les mesures à prendre contre le phylloxera; on a fait aussi des lois pour prévenir et combattre les épizooties; et on resterait désarmé devant les épidémies, parce qu'il s'agit de l'homme.

Les bureaux d'hygiène devraient être rendus obligatoires dans toute la France; l'État subventionnerait les communes absolument dénuées de ressources; les travaux de tous les bureaux seraient centralisés à Paris par le ministère de l'hygiène publique, dont la nécessité, largement démontrée par les événements actuels, s'impose chaque jour davantage.

L'année dernière, l'Académie de médecine a voté la conclusion suivante: « Les mesures préventives efficaces sont celles que chaque personne doit prendre pour elle-même et pour sa maison. Le devoir des municipalités est de veiller à ce que les prescriptions relatives à l'isolement des malades, à la désinfection des linges, vêtements, chambres, etc., soient rigoureusement accomplies; à ce que les précautions d'hygiène privée et publique soient exécutées dans toute leur rigueur. »

Elle a supprimé la fin de la proposition formulée par la commission et ainsi conçue: « Conformément aux instructions adoptées par le ministre du commerce sur la proposition du Comité consultatif d'hygiène publique. »

Ainsi, voici le premier corps savant médical de France qui émet des avis et des recommandations très sages. Où sera l'application? quelle sera la sanction si les municipalités font tout le contraire. On peut en dire autant des instructions ministérielles.

Nous en sommes donc là, en France, que les consultations émanant des savants les plus éminents et que les instructions provenant du pouvoir restent à l'état de lettre morte, faute d'une organisation, d'une direction.

Quand on comprendra enfin que « la santé est le premier bonheur du peuple, » ainsi que l'a si bien dit M. Siegfried, on ne sera pas loin d'admettre qu'un ministère avec son autorité et son mécanisme est seul capable d'entreprendre et de mener à bien cette grande et noble tâche.

M. le Docteur TROLARD

Professeur à l'École de Médecine, à Alger.

LES MOUVEMENTS DE TROUPES PENDANT LES ÉPIDÉMIES. — LES QUARANTAINES

— Séance du 18 août 1885 —

Depuis longtemps on a reconnu le danger que présentent les troupes en mouvement pendant les épidémies; mais jamais il n'a été pris aucune mesure, pas même sur le papier, pour obvier à ce danger.

Puisque cette vérité ne semble pas avoir encore attiré l'attention de l'administration française, il est bon de la lui rappeler de temps en temps, jusqu'à ce qu'elle se décide à prêter enfin l'oreille.

Dans cette communication, j'ai l'intention de ne reproduire que les faits qui se sont passés en Algérie.

En 1834, c'est parmi des militaires internés au lazaret d'Alger qu'éclate le premier cas de choléra, qui est transmis ensuite à toute la ville par des condamnés militaires internés dans un fort situé à une cinquantaine de mètres du lazaret.

En 1837, le choléra débute à Bone; c'est un régiment venant de Marseille qui l'importe, et il est promené dans toute la province par la colonne expéditionnaire de Constantine. Ensuite, des hommes provenant de cette colonne l'amènent à Alger.

En 1849, ce ne sont plus des troupes en mouvement qui importent la maladie. Après quelques cas isolés en ville et qui ne se propagent pas, ce sont les condamnés du fort Bab-Azouñ, le même que plus haut, qui fournissent les premiers cas épidémiques. Mais ce sont les troupes qui vont le propager dans l'intérieur. Sous prétexte d'aller relever un régiment à Orléansville (il n'y avait pas urgence, comme on voit), on fait partir le 12me de ligne d'Alger, qui est en pleine explosion épidémique.

Naturellement, le régiment sème le choléra tout le long de sa route et le dépose à Orléansville, où il prend une allure effrayante.

L'expédition de Zaatcha porte le choléra dans le Sud, et enfin, comme l'Est reste indemne, on fait passer par Alger, qui est toujours infecté, un régiment de hussards destiné à aller à Philippeville. Il n'y a aucune expédition de ce côté-là; par conséquent nul danger. Sétif, Constantine, Batna, etc., sont, dès lors, à leur tour ravagés.

En 1850, c'est un chargement de pèlerins indigènes qui dans le mois de

juillet jette les premiers germes avec 8 décès cholériques. L'épidémie, peu intense, a des alternatives de croissance et de décroissance; le maximum de décès a été de 12 dans une journée. Au mois d'octobre on se croit sauvé, quand arrive d'Aumale, alors atteint, un bataillon de zouaves. Dès le lendemain, le fléau se déchaîne; dans tous les points de la ville, les cas se succèdent : on arrive à 60 décès dans un jour.

On semble entrer dans la période de décroissance, lorsque le 24 novembre arrive un régiment de Médéah, qui est aussi contaminé : aussitôt nouvelle recrudescence.

En 1854, en juillet, un détachement de 420 hommes, venant de Marseille, est l'importateur du choléra. L'épidémie, peu intense, s'était pour ainsi dire éteinte dès la fin de juilllet, quand le 8 août arrivent de nouveaux détachements de Marseille. La maladie apparaît de nouveau, et cette fois dure jusqu'au mois d'avril.

En 1855, il n'y a pas de mouvements de troupes; aussi le choléra est d'une bénignité remarquable et s'éteint à Alger.

En 1859, l'armée du Maroc vient d'être frappée d'une façon terrible. De petits détachements provenant de cette armée apportent le choléra à Alger; celui-ci semble se concentrer plus spécialement à l'hôpital du Dey, où il fait 245 victimes en moins de trois mois. Il semble disparaître vers la fin de décembre, quand la rentrée en *masse* de l'armée du Maroc remet le feu aux poudres.

En 1860, on ne constate aucun mouvement de troupes.

Le choléra, comme d'habitude, débute par l'hôpital militaire; d'où il disparaît après avoir fait une centaine de victimes : presque rien en ville. En somme, comme celui de 1855, il est très bénin.

En 1865, c'est un fort détachement d'infirmiers venant de Marseille qui est l'agent d'importation : ces soldats, venant de Marseille, sont, après avoir purgé leur quarantaine, casernés dans un local contigu à l'hôpital du Dey. Cette très sage précaution réussit à merveille. L'hôpital, cela va sans dire, devient, comme par le passé, le foyer de l'épidémie.

En 1867, pendant qu'une quarantaine rigoureuse arrête les voyageurs à Sidi-Ferruch, le choléra éclate bruquement, pendant une après-midi, à l'hôpital du Dey — toujours — faisant 20 victimes le premier jour. Mais il s'éteint bientôt; aucun mouvement de troupes n'est signalé à ce moment.

L'année dernière, le choléra frappe Oran. On en ignore encore l'origine, mais il est à peu près certain que des cas avaient été constatés à l'hôpital militaire bien avant son apparition en ville, et à ce moment des corps de troupes étaient arrivés à Oran, venant de Marseille.

A Philippeville, c'est un détachement de 1,200 hommes qui est frappé sur le bateau *le Kléber*. Heureusement que des administrateurs intelligents, au lieu de les envoyer en quarantaine au fort de Bone, les divisent

par petits groupes et les disséminent sur le sommet d'une montagne, ce qui met fin presque aussitôt à la maladie.

Enfin, comme Alger semblait seul échapper au fléau, on imagine de lui envoyer un régiment de la légion étrangère qui tient garnison dans le département d'Oran, lequel est contaminé. Il y a un port à Oran; le navire eût donc pu venir y prendre les soldats. Point; on les dirige sur Alger, et, il n'est pas besoin de le dire, une trentaine sont atteints du choléra aux portes d'Alger.

Pendant les premiers jours, l'autorité comprend qu'il serait imprudent de laisser entrer en ville ce foyer d'infection; pourtant, au dernier moment, l'autorité militaire n'y tient plus et amène ses cholériques, à travers la ville, à l'hôpital du Dey.

Malgré toutes ces avances, le choléra se montre bon prince, refuse de s'étendre dans ce bon hôpital, avec lequel il avait depuis si longtemps de si bonnes relations ; il se contente de faire deux victimes et disparaît, l'administration n'ayant pas eu occasion de continuer les mouvements de troupes.

Au sujet de l'expérience des quarantaines, je ne veux mentionner aussi que l'expérience faite en Algérie.

Jusqu'en 1865, c'est-à-dire jusqu'à la neuvième épidémie cholérique depuis 1830, on attribuait au défaut et aux mauvaises conditions des quarantaines l'envahissement du fléau.

En 1865, la quarantaine fut installée à 15 kilomètres d'Alger, dans un fort isolé, situé sur la presqu'île de Sidi-Ferruch.

L'épidémie n'en éclata pas moins dans l'hôpital militaire; elle y fut importée par un soldat qui avait fait les 7 jours réglementaires de quarantaine et par un détachement d'infirmiers qui avait passé par la même épuration.

En 1867, le choléra étant à Marseille, les autorités redoublent de précautions : Sidi-Ferruch ouvre de nouveau ses portes. Tout semble annoncer que le fléau reculera devant les dispositions énergiques qui ont été prises. Aux appréhensions des premiers jours a succédé la sécurité, quand, un beau jour, sans qu'aucun cas ne soit signalé nulle part, une vingtaine de cas se déclarent en quelques heures, toujours dans le même hôpital, réceptacle ordinaire de la maladie.

L'année dernière, Sidi-Ferruch est abandonné; un lazaret est installé sur un point opposé au premier, au cap Matifou. En dépit des plus atroces conditions d'installation, il ne s'y produit aucun cas. Quelques-uns cependant sont signalés en ville ; un autre à Chéragas — 11 kilomètres d'Alger, chez un voyageur ayant purgé sa quarantaine; et enfin la légion étrangère, à 10 kilomètres d'Alger, apporte les 30 cas dont j'ai parlé plus haut. L'expé-

rience du côté d'Alger est donc négative, car je ne suppose pas qu'on attribue à la quarantaine la non-extension des cas qui se sont produits à quelques kilomètres du lazaret.

A Oran, la quarantaine s'est faite à Mers-el-Kébir. Le choléra éclate dans la ville sans qu'on n'ait guère pu en découvrir l'origine. Détail assez original, les voyageurs venant de France ont continué à être internés jusqu'à la fin de l'épidémie.

A Philippeville, la quarantaine se faisait à bord. Un homme meurt du choléra; le bateau est aussitôt dirigé sur Bone, où se trouve un lazaret au Fort-Génois.

Les résultats n'ayant pas été satisfaisants, loin de là, quelque temps après le convoi de 1,200 soldats cité plus haut, éprouve quelques atteintes. Alors on se décide à les faire descendre à terre, à les partager par petits groupes et on dissémine ces groupes sur le sommet d'une montagne. Aussitôt l'épidémie s'arrête.

Le premier bateau dirigé de Philippeville sur Bone va au Fort-Génois purger sa quarantaine. Mais là les cas se succèdent rapidement, et l'épidémie ne s'arrête que lorsqu'on procède aussi à la dissémination sur terre, et au retour du bateau en France.

En y mettant beaucoup de bonne volonté, on pourrait considérer le fait de Bone comme étant en faveur de la quarantaine. Admettons-le. Mais à ce fait heureux, qu'il me soit permis d'opposer deux autres expériences, qui ont eu aussi le Fort-Génois comme théâtre.

En 1837, un régiment (toujours les régiments!) est interné dans ce fort. « Déjà ce régiment avait perdu plusieurs cholériques, lorsque trois corailleurs napolitains en furent atteints, à Bone, dans la journée du 23 septembre. Ces trois hommes, dont deux étaient déjà morts le lendemain, avaient eu des relations avec le Fort-Génois, en faisant leurs provisions d'eau à une source abondante qui s'y trouve. Ce même jour on signalait deux cas de choléra à l'hôpital des Caroubiers (situé sur le trajet du Fort-Génois à Bone), où ils s'étaient développés parmi les malades de l'établissement. Peu après, de nouveaux cas apparurent dans la ville.... »

Si l'atteinte des corailleurs s'explique, on ne trouve pas la même raison pour l'hôpital des Caroubiers, qui, lui, n'avait eu aucune communication. La quarantaine a donc été inutile.

En 1850, nouvelle quarantaine. Des cas se produisent dans le lazaret; et cette fois c'est le cordon sanitaire qui est atteint et qui transmet ensuite la maladie à la ville et au département.

Je ne crois pas que de ces quelques faits on puisse tirer des conclusions absolues; toutefois ils ne me paraissent pas devoir être portés comme favorables aux quarantaines.

Si on rapproche ces expériences de l'expérience de la quarantaine

terrestre et maritime faite à la Spezzia dans les dures et impitoyables conditions que l'on connaît, le système de l'internement est bien près d'être condamné.

Des faits que je viens de signaler, il n'est guère possible de tirer des conclusions absolues. On peut cependant faire remarquer que les faits malheureux — c'est-à-dire de propagation des lazarets aux populations — prouvent l'insuffisance des quarantaines, tandis que les faits invoqués en faveur des lazarets sont loin d'être probants.

En effet, les cas d'extinction sur place ne sont pas rares.

Dans un grand nombre de villes de France, on a signalé, l'année dernière, des cas qui ne se sont pas propagés.

A Chéragas, tout près d'Alger, une atteinte a été rigoureusement constatée. A Maison-Carrée, à 10 kilomètres d'Alger aussi, il y a les 30 cas de la légion étrangère.

Plusieurs des malades ont même été apportés à l'hôpital militaire; et enfin, en ville, quelques-uns de nos confrères ont eu à soigner de véritables cholériques.

Comme on le voit, les lazarets n'ont donc pas seuls le privilège d'enrayer la marche d'une épidémie; et de ce que le choléra s'est éteint à Bone dans le lazaret, je ne mettrai pas ce résultat à l'actif des quarantaines. Je ferai même remarquer que, sans l'entassement des voyageurs, il est probable qu'il y eût eu beaucoup moins de victimes, et les mesures de dissémination sur un terrain assez étendu, prises en dernier lieu à Bone, semblent me donner raison.

J'examinerai la question à un point de vue général.

Je dirai que ce qui m'a surpris dans ces faits dits heureux, c'est que la maladie éclatant dans de pareils milieux n'ait pas fait plus de victimes.

Qu'on se représente, en effet, ce que sont, ce que doivent être forcément ces entassements de voyageurs fatigués par une traversée plus ou moins longue; énervés de se sentir cloîtrés quand des sympathies les attendent au dehors; emprisonnés quand ils sont appelés en toute hâte pour assister aux derniers moments d'un enfant, d'un père, d'une mère; désœuvrés quand de graves intérêts les appellent à quelques pas de là; le plus souvent mal logés et non moins mal nourris; tremblant à tout moment à l'idée qu'un compagnon de voyage va tomber malade; regardant avec défiance, avec colère, ceux qui leur paraissent avoir des dispositions à subir l'atteinte du fléau: qu'on se représente, en un mot, ce véritable foyer constitué de toutes pièces, et l'on se demandera s'il n'est pas réellement un génie bienfaisant qui prend sous sa protection ces malheureux réclusionnaires. Ce qui est surprenant, en effet, c'est que les épidémies n'éclatent pas avec fracas dans ces foyers dès les premiers jours.

Tant que le fléau n'apparaît pas au milieu de ces prisonniers, la situa-

tion est intolérable, il est vrai, mais elle n'est pas à comparer avec ce qui se passe quand un cas se produit.

N'est-ce pas un supplice affreux que d'être alors sous les verrous, de ne pouvoir s'écarter ou au moins entraîner ce qu'on a de plus cher au monde, sa famille, le plus loin possible du pestiféré? car, ce pestiféré, on ne peut le porter bien loin; on va le déposer dans une baraque, sous une tente, à quelques pas de là, et le peu de temps qu'il aura passé au milieu de ses codétenus aura paru un siècle à ceux-ci! N'est-ce pas provoquer tous les sentiments antihumanitaires que de placer des hommes dans de telles conditions?

Et ce qui est extraordinaire c'est que, lorsqu'un seul est touché, tous ne le soient pas!

Étrange logique que celle que l'on voit mettre en pratique pendant les moments de trouble! S'il est un axiome en matière de mesures préventives contre le choléra, c'est celui qui proscrit les agglomérations d'hommes; et la première chose que l'on fasse, c'est de constituer ces agglomérations dans des parcs affreux, que l'on appelle lazarets.

Quel but poursuit-on avec les quarantaines?

Dans l'impossibilité absolue où l'on se trouve de s'isoler *complètement* du reste des hommes, on a supposé qu'en soumettant à l'observation des voyageurs venant des pays infectés et en les retenant pendant un certain temps, on supprimerait tout véhicule de la maladie.

J'admets la chose en principe. S'il était possible de cantonner les voyageurs dans les meilleures conditions hygiéniques, morales et matérielles; s'il était possible de ne les délivrer qu'après un séjour dépassant les plus longs délais connus d'incubation et après désinfection vraie, complète, j'admettrais sans réserve la quarantaine. Mais est-ce possible? est-ce praticable?

Dans les grands ports comme Marseille ce n'est pas à un seul groupe de voyageurs que l'on a affaire: c'est à dix, quinze, vingt groupes. Eh bien! tous ces convois, on ne peut, sous peine de violer les principes de la quarantaine, les installer côte à côte; il faut les séparer, les éloigner, les isoler entièrement les uns des autres.

Ce sont donc autant de quartiers qu'il faudra créer dans d'excellentes conditions, c'est-à-dire avec tout le confort désirable et avec une surface de terrain suffisante pour que les pensionnaires puissent fuir assez loin l'endroit où l'un d'eux viendrait à être atteint. Il faudrait même dans ce cas évacuer le quartier contaminé et en occuper un autre.

Chaque quartier devra avoir ses accessoires et son personnel particulier; et être entièrement isolé des autres quartiers.

Si on ajoute les ambulances de traitement qui devront être éloignées et avoir aussi un personnel particulier, on voit quel immense emplacement

et quelles sommes considérables il faudrait consacrer au lazaret type.

Indépendamment des surveillants chargés d'empêcher toute communication entre les quartiers, il faudra un cordon sanitaire pour investir tout l'établissement.

C'est une armée qui sera nécessaire et pour laquelle on devra construire aussi une installation convenable, et des ambulances dans le cas où, comme à Bone, en 1850, le cordon sanitaire serait lui-même envahi.

Peut-être, dans ces conditions, arriverait-on à un résultat! Et encore cela n'est pas probable puisque les communications peuvent avoir lieu — plus ou moins directement — par la voie de terre et quelquefois dans de grandes proportions.

Quelles sont les mesures à prendre quand il y a menace d'épidémie?

1° Envoyer les cholériques déclarés ou douteux, provenant des pays contaminés, aux ambulances de traitement.

2° En cas d'imminence d'épidémies ne jamais admettre dans l'intérieur d'un hôpital les personnes venant des pays infectés, quelle que soit la nature de leur maladie; ne les recevoir que dans les pavillons isolés destinés aux maladies contagieuses.

3° Surveiller attentivement les hôtels et les garnis; ne laisser traiter aucun cas dans ces maisons.

4° Établir des maisons de refuge dans le cas où l'évacuation de maisons serait reconnue nécessaire.

5° Obtenir de l'autorité militaire la suppression de tous mouvements de troupes. Dans le cas où, par nécessité absolue, ces mouvements auraient lieu, disséminer les troupes par petits groupes aussi loin que possible et dans les endroits élevés. Le campement destiné à les recevoir devra être préparé avec le plus grand soin.

6° Propreté minutieuse des villes.

7° Désinfection réelle, scientifique de certaines catégories de marchandises.

Quelques explications sur quelques-uns de ces points.

1° On semble aujourd'hui voir, à peu près partout, admis en principe que le choléra étant une maladie des plus graves, sinon la plus grave, il suffit de l'ambulance la plus élémentaire pour soigner les cholériques et abriter ceux qui restent à côté d'eux.

J'estime que c'est absolument le contraire qu'il faudrait faire, et que c'est un véritable luxe de détails minutieux que l'on devrait apporter dans la construction de ces petits hôpitaux, sous peine de ne donner que des soins incomplets aux malades et de créer des foyers d'expansion épidémique.

Ces hôpitaux seraient construits en fer et en briques, de façon à ce qu'on puisse les flamber après chaque épidémie.

On trouverait facilement les crédits nécessaires auprès des Chambres de commerce, qui seraient très heureuses d'être débarrassées des vexations qu'entraînent les quarantaines actuelles.

C'est sur ces hôpitaux que seraient dirigés les voyageurs atteints de choléra confirmé. Les cas douteux seraient reçus en observation dans des pavillons *ad hoc*.

Le deuxième point n'a pas besoin de commentaires. Je demanderai cependant que l'on tranche une fois pour toutes la question suivante :

Doit-on introduire les cholériques dans un hôpital ? Cette question résolue, et la résolution étant imposée à tous, on ne verrait pas le spectacle choquant auquel nous avons assisté à Alger l'année dernière. D'un côté, les médecins de l'hôpital civil avaient décidé d'une façon formelle qu'aucun cholérique ne serait admis dans l'hôpital. D'un autre côté, les médecins militaires préparaient avec amour, en plein hôpital, le nid destiné à recevoir pour la huitième ou neuvième fois le choléra.

Le troisième point est critiquable. Quelques personnes protestent au nom de la liberté contre la mesure. Si, dans les moments d'épidémie, il n'y avait que cette seule atteinte portée à la liberté individuelle, il y aurait peut-être lieu d'y regarder à deux fois.

Mais est-ce que les visites à domicile, les désinfections que l'on impose et la fameuse quarantaine ne sont pas des atteintes violentes — surtout la quarantaine — à cette liberté ? Si l'on enlève un malade de son garni, c'est d'abord parce qu'il y manquerait absolument de soins et qu'on le met à même de recevoir tout ce que réclame son état ; ensuite, c'est parce que les garnis sont toujours des foyers prêts à s'enflammer à la moindre étincelle.

Le quatrième et le cinquième point s'expliquent tout seuls.

La propreté des villes est surtout le but à poursuivre. Cela ne suffira pas à empêcher les épidémies d'y pénétrer ; mais l'intensité des épidémies, et notamment du choléra, ayant été, jusqu'à ce jour, en raison directe des conditions d'insalubrité (ceci a été au moins bien établi pour le dernier choléra), on doit conclure que de la salubrité d'une ville dépendent la bénignité et la rapide disparition d'une épidémie.

Comment arriver à l'assainissement des villes ?

On n'y parviendra que par les bureaux d'hygiène municipaux.

Ce que j'ai dit de ces bureaux me dispense d'entrer dans de plus grands développements.

C'est le bureau d'hygiène qui seul aurait la direction de l'organisation des mesures de prévention ou de défense. Quand le choléra éclate dans une ville, c'est le désordre, le gâchis qui préside à ces mesures. Le commandement remis entre les mains du bureau d'hygiène est chose indispensable.

Il est, du reste, facile de montrer que toutes les eaux allemandes, sans exception, peuvent être remplacées par les eaux françaises.

Moins rigoureux à l'égard des autres pays, de la Suisse et de l'Italie, par exemple, nous ne pouvons cependant nous empêcher de constater que là encore notre coutume est mauvaise. Pourquoi, n'est-il pas vrai, aller demander à d'autres cieux; à d'autres climats, à d'autres sources une guérison que l'on trouvera toujours plus rapide et plus durable sur le territoire français?

Cannes et Nice sont préférables à San-Remo, n'en déplaise au Dr Warlomont.

Il y eut en 1871, après la guerre, entre tous les médecins de France, une entente tacite pour éloigner leurs malades des eaux d'Allemagne; aurions-nous déjà oublié? Il semblerait que malades et médecins tendent à se départir de leur ancien ostracisme. Pourquoi?

D'autre part, on obéit vraiment beaucoup trop à la mode en matière d'eaux minérales. Et cette mode qui le plus souvent s'impose au médecin lui-même, malgré lui, qui la fait? La réclame, bien plutôt que la valeur thérapeutique de l'eau.

Qui me dira pourquoi l'eau d'Hunyadi-Janos a détrôné l'eau de Pullna? Et pourquoi l'eau française de Montmirail ne remplacerait-elle pas à son tour l'eau hongroise d'Hunyadi?

Il n'existe pas en Allemagne une seule source que nous ne puissions remplacer par quelque eau équivalente française.

La thèse que je viens soutenir trouvera, j'en suis sûr, un appui bienveillant parmi les membres d'une association dont la naissance remonte à l'année même de nos désastres, et dont le but suprême est le maintien et le relèvement de nos forces nationales.

AÉROTHÉRAPIE.

Le Dr Jourdanet a décrit sous le nom d'*aérothérapie* une méthode de guérison d'un certain nombre de maladies par le séjour plus ou moins prolongé dans une enceinte dont l'air a été artificiellement raréfié.

L'aérothérapie peut se comprendre autrement encore, et suivant l'étymologie du mot, traitement par l'air, elle peut s'appliquer aux changements de milieux, aux déplacements, à la vie dans un air plus pur. C'est à ce point de vue spécial que nous l'envisagerons.

L'air des champs, depuis Virgile jusqu'à nous, a toujours été reconnu comme beaucoup plus salutaire que l'air des villes. La campagne est plus saine que la ville. Il y a sur ce point, n'est-il pas vrai? unanimité d'opinions.

Chimistes, médecins, hygiénistes, micrographes vous démontreront à

l'envi les causes de nocuité des grandes villes : viciation de l'air par les microbes, dangers de l'encombrement, défaut d'aération et de lumière, usage pernicieux d'une eau rarement potable, toujours contaminée ; mauvaise installation, fonctionnement défectueux des cabinets et fosses d'aisances, qui, mal curées, mal entretenues, sont un danger permanent pour la santé ; émanations putrides, maladies contagieuses en permanence, falsification des denrées alimentaires, surmènement et fatigues de toutes sortes sont, n'est-il pas vrai ? autant de causes qui font que le séjour des grandes villes est essentiellement mauvais pour l'homme. Mais toutes ces questions sont aujourd'hui l'objet des études du corps médical ; nous n'avons point à les étudier ici, mais seulement à les indiquer.

La conclusion qui découle de cet état de choses est que la classe aisée doit, sinon émigrer, tout au moins se déplacer à certaines époques de l'année.

La clinique nous apprend que les plaies guérissent mieux et plus vite à la campagne. La méthode antiseptique, il est vrai, est venue diminuer, mais non encore supprimer l'effrayante mortalité des opérés des grandes villes. D'où le conseil prudent, pour quiconque doit subir une opération, de s'éloigner des centres de contagion, et, si possible, d'aller à la campagne.

La ventilation, l'éventement ne sont-ils pas, du reste, ici comme partout, à l'hôpital comme pour le navire en quarantaine et les objets contaminés, le plus puissant moyen de désinfection ?

C'est que, ainsi que l'a montré M. Pasteur, une certaine classe de microbes, les anaérobies, dont la néfaste pullulation réclame la saleté, la pourriture et l'obscurité, meurent aussitôt qu'on les expose à l'air.

D'où aussi, pour les municipalités, la nécessité de persévérer dans la voie où presque toutes sont entrées depuis quelques années, de multiplier les boulevards, les jardins publics et les grandes artères, de pratiquer l'arrosage des rues, enlever les immondices, supprimer tout foyer d'infection, et pourvoir chaque habitant, chaque maison d'une eau potable et saine. On sait ce que l'oubli de ces prescriptions a coûté aux villes de Marseille et de Toulon, où le choléra a trouvé un terrain de culture si propice à son développement.

Nous sommes encore en France, en ce qui touche l'hygiène, dans un état primitif, je dirais volontiers dans un état de demi-barbarie.

Nous voudrions, avec bon nombre de médecins, que tout centre important d'agglomérations individuelles fût évité ; partout de petites casernes, de petits hôpitaux, de petits pensionnats, le tout largement aéré ; mais, objectera-t-on, cela coûterait plus cher : comme si, en vérité, la vie humaine ne valait pas une plus grande dépense ; et puis, n'est-ce pas économiser, thésauriser que de diminuer la mortalité humaine (Rochard) ? Nous voudrions encore que les pensionnats, lycées et casernes fussent en dehors

des grandes villes, comme aussi et surtout les hôpitaux; pensionnaires et soldats s'y porteraient mieux; les malades y guériraient mieux et plus vite, sans compter qu'ils ne seraient plus pour toute une ville un danger permanent de contagion.

Il est une maladie qui décime les citadins et augmente progressivement ses ravages : je veux parler de la tuberculose pulmonaire. La phtisie pulmonaire, dont la nature bacillaire a été démontrée par R. Koch, propagée surtout en France par le professeur G. Sée, et aujourd'hui admise par tous, est elle-même dans certains cas déterminés, à n'en pas douter, contagieuse. De là à l'isolement des tuberculeux il n'y a qu'un pas, et ce pas a été franchi par un certain nombre de pathologistes. Quoi qu'il en soit, n'est-ce point dans les villes que l'on rencontre le plus grand nombre de tuberculeux?

L'air des champs est, en effet, de beaucoup plus salutaire.

Les conditions mauvaises d'aération, de travail, de séjour et de surmènement pour les ouvriers peuvent encore tout aussi bien s'appliquer à la plus grande partie de la population des grandes villes.

Pour tout ce qui vit et respire, l'exiguïté des logements insalubres, l'habitation dans des milieux bas, humides, non ensoleillés sont des causes puissantes de débilité et d'anémie. C'est pourquoi depuis longtemps les hygiénistes ont recommandé une ventilation puissante pour les salles des hôpitaux, le placement à la campagne des nourrissons, et pour ceux des villes leur sortie journalière au grand air. C'est pourquoi encore tout individu frappé de déchéance vitale, en puissance d'anémie, qu'il s'agisse de scrofules, de tuberculose pulmonaire, de cachexie, peu importe, car ce sont là mêmes conditions qui le mettent en état de réceptivité morbide et le rendent tout particulièrement apte à recevoir ou en développer le ou les germes des grandes maladies, doit être aussitôt déplacé, changé de milieu, et envoyé à la campagne, au bord de la mer ou sur les montagnes.

Ces idées, qui sont aujourd'hui celles de tout le corps médical, nous les avons entendu éloquemment développer au Congrès international d'hygiène de Genève en 1882; conduit par cette idée que les blessés guérissent mieux à l'air libre, le Dr Julliard a pu, un des premiers en Europe, appliquer dans son service, à l'hospice cantonal de Genève, le système du baraquement actuellement adopté, dans les casernes et les lycées, à la première apparition d'une maladie.

C'est en plein air, en dépit du froid, de la pluie ou du vent que séjournent les malades de toute catégorie d'un service habituel de chirurgie. Les pavillons sont établis dans une cour de l'hôpital.

Le premier pavillon a été construit en 1871 et fonctionne depuis cette époque. Lors de notre visite, la température des salles, c'est-à-dire de l'extérieur, de l'air ambiant, était de 18 degrés. Mais cette température

suit naturellement les variations atmosphériques. Transportés dans les pavillons depuis le 15 avril, les malades y séjournent habituellement jusqu'au 1er ou 15 octobre. C'est ainsi qu'ils supportent sans inconvénient une température de 4 à 5 degrés au-dessous de zéro. Ce n'est pas du froid sec, mais de l'humidité qu'ils se plaignent. Pendant l'hiver les malades sont transférés dans les salles ordinaires de l'hôpital, lesquelles sont chauffées à air chaud et ventilées d'après les procédés modernes. Chaque salle contient un nombre restreint de lits.

Le système de baraquements et d'isolement pour les maladies contagieuses tend, du reste, à se généraliser. On s'est bien trouvé de son application lors de la dernière épidémie cholérique d'Yport; mais il conviendrait de le généraliser, et il faudrait qu'à la première apparition d'une maladie contagieuse, les administrations hospitalières et les municipalités fussent obligées de le mettre rigoureusement en pratique.

Laissons là typhiques, cholériques et varioleux, et revenons à l'influence de l'air pur sur la santé. On sait combien cette influence est manifeste sur les montagnes.

Le Dr Lombard établit une distinction au point de vue hygiénique entre les altitudes moyennes à 500 et 1,000 mètres, et les hauteurs qui les dépassent, distinction qui est essentiellement déterminée par leur action sur la santé de l'homme. A ces hauteurs, en effet, il constate que la respiration est plus profonde et fréquente, surtout au sommet des poumons; que la circulation est plus rapide, qu'il se fait une assimilation plus active aux dépens de la graisse et au profit des muscles. Malgré la diminution de l'oxygène par la raréfaction de l'air, il en résulte évidemment que les hauteurs moyennes exercent une action des plus bienfaisantes, et en quelque sorte régénératrice sur l'ensemble des fonctions. Pour M. Lombard les hauteurs moyennes entre 500 et 1,000 mètres ont une influence prophylactique et curative sur le développement de la phtisie pulmonaire.

A ce point de vue, les expériences recueillies par l'auteur, faites dans notre Europe comme en Amérique, sont absolument concluantes. M. Lombard insiste d'une manière toute particulière sur la station suisse de l'Engadine, et spécialement sur celle de Davos (1,556 mètres). Ces stations ont pour caractère essentiel un air sec, l'absence de brouillard, la transparence remarquable de l'atmosphère, et une abondante insolation, un froid dont la moyenne est de — 6 degrés, et que cependant les malades supportent très bien.

Des centaines de malades s'y sont améliorés; un médecin s'est complètement guéri à Davos, et s'y est fixé depuis vingt ans.

Une autre région sanitaire analogue se trouve au versant oriental des montagnes Rocheuses de l'Amérique du Nord, dont la principale station est la ville de Denver (1,635 mètres). La température moyenne en

décembre y est de — 3 degrés. Ici encore le climat est caractérisé par la sécheresse, l'absence de brouillards, la parfaite clarté de l'air, sa raréfaction qui agit surtout préventivement dans la première période inflammatoire de la phtisie.

Et le Dr Lombard conclut :

« La respiration et la circulation deviennent plus rapides à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau des mers. Dans les altitudes, la digestion, l'exercice musculaire et l'abaissement de la température augmentent et accélèrent l'exhalation de l'acide carbonique.

» Le séjour des altitudes rend les inspirations non seulement plus fréquentes, mais aussi plus profondes, d'où il résulte une augmentation de la capacité et de la circonférence thoraciques. Un séjour temporaire ou permanent à des altitudes moyennes situées au-dessous de 2,000 mètres exerce une action stimulante sur *toutes* les fonctions. Les hautes et moyennes altitudes ont une influence prophylactique et thérapeutique sur la phtisie pulmonaire. »

Au même point de vue, le séjour sur les hauteurs exerce une action stimulante sur le développement : tel est l'enseignement constant de l'observation. Aussi ne saurait-on s'étonner des avantages qu'on y recueille depuis quelques années de l'envoi des écoliers maladifs à la campagne, pendant trois à quatre semaines de leur congé annuel.

M. le Dr Varrentrapp recommande ces institutions, qui se développent de plus en plus dans les divers pays. Or, l'expérience a démontré que les enfants y avaient gagné non seulement une apparence plus saine, mais que leur poids avait augmenté de 1 à 3 livres, en même temps qu'ils avaient grandi de 1 à 2 centimètres, augmentation et accroissement plus forts que ceux que l'on a observés chez des enfants du même âge, pendant le même espace de temps.

C'est là assurément une coutume qui, appliquée avec ménagement et précaution, mérite d'être généralisée, et s'il n'est pas possible, comme nous le voudrions avec M. Lubelski, de placer tous les internats à la campagne, que l'on soustraie du moins le plus longtemps possible les écoliers aux dangers des agglomérations, si préjudiciables à leur jeune organisme. Voilà qui ne saurait être trop répété et enseigné.

Mais, il n'est pas besoin d'aller en Suisse ou en Amérique pour respirer de l'air pur. Nous avons en France les montagnes de l'Auvergne, les Pyrénées et cent autres régions où nous rencontrons des altitudes moyennes non moins salutaires que celle de Davos et de l'Engadine ; ce qui nous manque, ce qu'il faut créer, à côté même de nos stations minérales, ce sont des sanatoria.

Un médecin des plus érudits, le Dr Delore, de Lyon, est allé bien plus loin. Considérant que l'air des grandes villes est pernicieux et constitue

une véritable malaria, M. Delore, au Congrès de Blois, 1884, presenta un mémoire très étudié où il indiquait le moyen de distribuer dans le grandes villes, à l'aide de puissantes machines à vapeur, par chaque maison et par chaque étage, une quantité déterminée d'air pur, puisé dans la campagne, tout comme on distribue aujourd'hui le gaz et l'eau. Le moyen est-il praticable? Nous ne le croyons pas, mais nous voudrions qu'il le fût un jour.

La phtisie pulmonaire, à laquelle aboutit le plus souvent l'anémie prolongée, la phtisie qui nous envahit de toutes parts et résulte de cet état de misère physiologique qui lui-même découle de toutes les causes débilitantes, dépressives que nous avons vues, pourrait être bien souvent évitée, car elle aussi est parfois une *maladie évitable*, si le malade, en état pour ainsi dire d'incubation des bacilles phtisiogènes, était dès le début déplacé et transporté dans une atmosphère plus riche en oxygène. Et c'est au début, en effet, dans la période initiale de torpeur physiologique qui envahit tout l'individu, et non plus quand la contamination est accomplie et l'envahissement devenu général, qu'il faut savoir agir. Ainsi se trouvent expliquées d'un seul coup, par le fait seul d'une hygiène reconstituante dans un milieu plus propice, toutes ces guérisons obtenues à la suite d'un séjour prolongé à la campagne, aux bords de la mer, sur les altitudes.

Les uns, comme Gilchrist et Becquerel, Garnier et Boudin, ont recommandé l'atmosphère maritime et les voyages sur mer comme un puissant moyen de guérison de la phtisie même avancée. Cette question de la curabilité de la phtisie par l'air marin vient d'être soulevée à nouveau par M. le Dr L. Thaon (Académie de médecine, séance du 14 avril 1885). M. Thaon, dans un mémoire intitulé *les Voyages en mer et les Poitrinaires*, a montré que les Anglais atteints de phtisie se condamnent volontiers à des voyages prolongés sur mer, et en obtiennent des résultats très favorables. Cette opinion, défendue depuis longtemps par un grand nombre d'observateurs d'outre-Manche, a été combattue par M. Rochard, lequel, dans un mémoire couronné par l'Académie de médecine en 1855, avait établi que la phtisie marche à bord des navires avec plus de rapidité qu'à terre.

A son point de vue, sur son terrain, M. Rochard, comme toujours, avait raison. On comprend, en effet, qu'il en soit ainsi pour des marins tuberculeux, surmenés, mal nourris, épuisés par les fièvres intermittentes, la dysenterie, l'amaigrissement, l'anaglobulie des zones tropicales. Mais combien la situation est différente quand il s'agit de gens riches, bien nourris, voyageant pour leur plaisir, à leur aise, sur des navires confortables, et trouvant sur mer une atmosphère plus saine, un air plus propice à la reconstitution de leur organisme débilité ! A ce dernier point de vue, qui est le nôtre, on conçoit que nous adoptions pleinement la théorie de

M. Thaon, théorie, du reste, que l'observation vient chaque jour confirmer davantage.

Nous dirons avec Debove : Il semble que le bacille ne suffit pas dans les conditions ordinaires pour produire la tuberculose ; il faut encore qu'il rencontre un terrain favorable sur lequel il puisse se développer ; — avec Peter : On ne naît pas tuberculeux, on naît tuberculisable ; — et avec Leudet, notre maître : Les affections qui précèdent la tuberculose chez le plus grand nombre des malades ont pour résultat immédiat la débilitation, la misère physiologique de l'individu.

Or, une hygiène réparatrice, puissamment aidée par une cure en plein air, dans un milieu sain, non contaminé ; le séjour du bord de la mer ou les voyages en mer, l'habitation à la campagne ou sur les altitudes, contribuent largement à enrayer l'éclosion ou à ralentir la marche de la tuberculose.

D'autres auteurs, MM. Lombard et Jaccoud en tête, conseillent aux malades de passer l'été et le commencement de l'automne dans les hautes régions alpestres de la Suisse ou du Tyrol, et à l'appui de leur opinion citent par centaines des guérisons incontestables ; chacun de nous possède de ces cas de guérison de la tuberculose. D'autres enfin revendiquent comme plus efficaces encore les climats du Midi et le séjour des Pyrénées : ce qui est vrai, à notre avis, c'est que partout où l'air sera plus sain, plus riche en oxygène, l'homme en puissance d'anémie subira une véritable rénovation constitutionnelle, et cessera d'être, pour quelque temps au moins, un terrain propice à la culture et au développement du bacille tuberculeux.

Que si l'on envisage ainsi la question, le choix du séjour, du milieu, de la région, l'indication, en un mot, du sanatorium ne sera plus alors qu'une question de goût et d'argent, et la France nous offre à l'envi ses stations si multiples et si variées.

Je dirai plus : pourquoi ne prendrions-nous pas l'habitude de créer des chalets, des cabanes, ou, si l'on veut, des hôtels au milieu même des bois qui avoisinent les villes, là surtout où existent des forêts de sapins dont les senteurs et les émanations sont unanimement recommandées.

Si, par ce qui précède, nous avons pu démontrer que l'habitant des grandes villes réunit toutes les conditions de déchéance vitale ; qu'il offre à toute heure cette opportunité morbide en vertu de laquelle il devient une proie toute préparée à l'envahissement de la tuberculose pulmonaire, mais qu'il peut, qu'il doit, dans la période du développement, de la jeunesse, aller périodiquement, et le plus souvent possible, revivifier ses globules sanguins dans un milieu plus riche en oxygène, et moins contaminé que celui des grandes villes, nous aurons rempli notre but.

M. BÉVIÈRE

Vétérinaire, Directeur des Abattoirs, à Grenoble.

LES ABATTOIRS MUNICIPAUX DE LA VILLE DE GRENOBLE

— *Séance du 19 août 1885* —

Les abattoirs ont été construits d'après le plan dressé par M. Thiervoz, directeur des services de la voirie et des eaux de la ville de Grenoble. Ils ont été inaugurés, le 4 août 1884, par M. Édouard Rey, maire. Ils se composent de deux grandes halles, d'une bergerie, d'une triperie et d'une charcuterie.

La longueur du bâtiment des halles est de 58^m,30; la largeur, de 10 mètres; la hauteur aux sabliers, de 11^m,50 ; la hauteur au faîtage, de 14 mètres.

Chaque halle se divise en 20 cases ou échaudoirs (terme de boucherie), total 40 compartiments occupés par autant de bouchers; 9 compartiments sont occupés à la fois par deux bouchers qui peuvent abattre, à la fois, sans trop se gêner. Dans chaque compartiment existent des râteliers pour accrocher commodément les viandes; deux treuils en fer, pour mouvoir, sans emploi de grande force, l'appareil Gambéron (terme de boucherie), qui sert à suspendre la viande d'un bœuf ou de tout autre animal du même poids.

Au centre de chaque halle coule à profusion de l'eau. L'eau de lavage est de 100 litres à la seconde, soit 8,640 mètres cubes par jour de 24 heures.

Chaque case a une fontaine d'eau potable qui donne constamment pour la propreté du local et pour maintenir la fraîcheur si nécessaire à la conservation des viandes.

La longueur de chaque échaudoir est de 8 mètres ; la largeur, de 4^m,50; la hauteur sur l'axe est de 7 mètres.

Les bouchers, à Grenoble, sont au nombre de 59 pour une population de 50,000 âmes.

La triperie se compose de huit cases, occupées par autant de tripiers. Dans chaque case il y a deux chaudières pour l'usage de l'occupant. L'eau est chauffée et mise en ébullition au moyen de la vapeur qu'envoie une machine à cet effet, placée dans l'abattoir. Plusieurs bassins sont placés dans la case, où l'eau potable coule à profusion.

Dans les échaudoirs des bouchers et dans la triperie coulent 120 mètres cubes d'eau par jour en vingt-quatre heures. La triperie, à elle seule, en dépense 20 mètres cubes.

Les étables et les bergeries sont spacieuses. Les étables peuvent loger cent têtes de gros bétail, les bergeries mille moutons et veaux.

La charcuterie, où tout le confortable existe, est spacieuse et convenablement aérée. L'eau y coule de tous les côtés.

Enfin, les magasins des cuirs et des peaux fraîches sont placés dans une rue à proximité des halles. Les cuirs et les peaux y sont désinfectés aussitôt dans les magasins au moyen d'un sel (chlorure de sodium) préparé avec de l'acide phénique ou de la naphtaline, puis soigneusement pliés, ficelés et mis avec ordre dans le magasin, en attendant une vente en gros en France ou à l'étranger. Désinfecté par ce procédé, un cuir de bœuf peut se conserver un an et même deux: la peau de veau un an. On donne la préférence au sel fin; le gros sel, à la longue, brûle le cuir en le transperçant.

Les abattoirs sont régis par un vétérinaire-directeur, un sous-directeur, un surveillant et deux gardes.

Le vétérinaire-directeur est attaché à l'établissement. Le sous-directeur le remplace quand il est empêché.

Les abattoirs rapportent annuellement à la ville environ 400,000 francs, y compris l'octroi et l'abat.

Les frais d'*octroi* et d'*abat* sont les suivants :

Bœuf,	octroi,	4 francs	les 100 kilos;	abat,	5 francs.
Vache	—	—	—	—	—
Veau	—	8f,90	—	—	1 franc.
Mouton	—	5f,35	—	—	0f,50
Chèvre	—	10f, »	—	—	0f,50
Porc	—	10f, »	—	—	2f,50
Cheval	—	néant		—	3 francs.

On abat en moyenne, par mois, de 3,900 à 4,000 têtes de bétail; ce qui donne en moyenne, par mois, 52,394 kilogrammes de viande qui se consomment à Grenoble.

Par mois, on abat en moyenne: 316 bœufs, 194 vaches, 1,102 veaux, 223 porcs, 1,358 moutons, 178 chèvres, 271 agneaux, de 15 à 20 chevaux.

Les veaux abattus et livrés à la consommation doivent peser au moins 45 kilogrammes; les agneaux, 12 kilogrammes au minimum; le chevreau, 5 kilogrammes vivant, 4 kilogrammes mort.

Les frais de pesage sont les suivants :

Porc sur pied, par tête.	0f,35
Veau sur pied, id.	0f,20

Bœuf, mouton et menu bétail, sur pied ou par quartier, 0f,15 les 100 kilogrammes.

Toutes les pesées inférieures à 100 kilogrammes, 0f,15.

Le service du pesage est fait exclusivement par les employés de la ville.

On ne peut sortir les viandes des abattoirs sans qu'elles soient à nouveau visitées et estampillées. L'estampille indique la nature de la viande.

Les viandes foraines sont visitées et estampillées chaque matin, aux abattoirs, à six heures en été et à sept en hiver, par le vétérinaire ou par le sous-inspecteur.

Les viandes foraines ne peuvent être introduites que sous les formes suivantes :

Les taureaux, bœufs ou vaches, coupés en quartiers, les poumons adhérant à l'un des quartiers de devant; les autres animaux coupés par moitié ou par quartiers qui doivent être enveloppés dans un linge blanc, très propre.

Les viandes ne peuvent circuler en ville que dans des voitures appropriées à ce transport, hermétiquement fermées et tenues proprement.

La discipline des abattoirs est sévère, bien exécutée.

Le bétail consommé à Grenoble est fourni par le département de l'Isère, quelque peu par la Drôme; en grande partie par la race bovine du Villard-de-Lans, dont les animaux sont très estimés de la boucherie pour son rendement, la qualité et la finesse de la viande, qui est savoureuse.

Les veaux de ces animaux sont recherchés; ils donnent à deux mois 80, 100 et 120 kilogrammes de viande.

Le mouton des Alpes, devenant de plus en plus rare, ce qui est dû au reboisement, les pourvoyeurs d'animaux amènent sur la place de Grenoble le mouton d'Afrique amélioré. Sa viande est grasse, bonne; mais elle est loin de valoir, pour sa saveur, celle du mouton des Alpes.

Le rendement moyen des animaux que l'on abat dans nos abattoirs est le suivant :

Bœuf,	53	pour 0/0.
Vache,	48	—
Veau,	60	—
Porc,	88	—
Mouton,	48	—
Chèvre,	45	—
Agneau,	50	—

La boucherie étant libre, le prix du kilogramme de viande, arrêté par les syndics de la boucherie, est le suivant, savoir :

Bœuf	1re	catégorie,	1f,80;	2e	catégorie,	1f,40;	3e catégorie,	1f, »
Vache	1re	—	1f,60;	2e	—	1f,20;	3e —	0f,80
Veau	1re	—	1f,80;	2e	—	1f,40;	3e —	néant.
Mouton	1re	—	2f,10;	2e	—	1f,50;	3e —	néant.

La viande sans os est vendue 2f,20 le kilogramme.

La vache grasse et la génisse grasse le prix du bœuf.

Ces prix ne varient que de quelques centimes dans l'année.

Les animaux que l'on destine à la boucherie sont enfermés dans un parc pour en faciliter la visite sanitaire. Une fois la visite faite par le vétérinaire, les animaux sont immédiatement pesés et introduits dans les étables ou dans les cases des bouchers pour y être aussitôt abattus.

Les animaux malades ou suspectés de l'être sont refusés et ceux atteints de maladie contagieuse, saisis. Les animaux maigres sont également refusés.

L'abatage des grands animaux a lieu au moyen de la *masse* et l'*égorgement*.

Nos bouchers se refusent à employer le merlin anglais, qui consiste en une sorte de masse en fer pesant 2 kilogrammes, disposée d'un côté sous forme d'emporte-pièce. Cette masse se termine à l'extrémité opposée par un crochet. L'animal à abattre étant maintenu par une corde à un anneau scellé au sol, la tête un peu basse, le bœuf doit d'un seul coup tomber comme foudroyé. Ses divers mouvements sont ensuite anéantis à l'aide d'une baguette en osier ou en baleine flexible. Ce dernier système est pris en horreur par nos bouchers.

L'emploi de l'appareil de M. Bruneau ayant le même inconvénient, il n'y a pas lieu de l'imposer dans les abattoirs de Grenoble.

Pour tâcher de pouvoir réformer l'emploi de la masse et l'égorgement, nous attendons le résultat d'expériences que la Société protectrice des animaux de Bruxelles est en voie de faire, par l'emploi d'un masque armé d'une cartouche chargée de 50 centigrammes de coton-poudre. Il suffit de presser la détente de l'arme pour abattre l'animal; il tombe comme foudroyé.

Cet instrument sera-t-il sans danger pour une main inexpérimentée?

L'abatage des petits animaux diffère de celui des gros animaux.

L'animal, saisi au moyen d'un lien en cuir placé au-dessus d'un jarret, est brusquement suspendu à une certaine hauteur, de façon que la tête ne touche pas le sol; l'animal est immédiatement saigné en arrière de la branche montante du maxillaire inférieur et ensuite on procède par l'énervation en faisant la section de la moelle épinière. Ensuite, quand la vie est reconnue éteinte, les animaux sont portés sur une table de marbre et dépouillés; leurs entrailles livrées aux tripiers.

Pour ce genre d'opération, la plupart des bouchers se servent d'un chevalet en bois, sans garniture, qu'ils trouvent plus commode que la table de marbre, qui offre une surface trop glissante et refroidit trop précipitamment la graisse. Il est alors difficile de travailler convenablement le mouton.

Les tripiers, en s'emparant des organes internes des animaux (les tombées), les vident immédiatement sur le sol. Cette masse d'engrais est aussitôt enlevée et portée au dépotoir.

Les intestins et les estomacs des ruminants sont ensuite soigneusement lavés à l'eau courante, qui enlève toute odeur, puis portés dans une chaudière en ébullition pour leur faire subir une cuisson de cinq heures consécutives. Ensuite on les sort pour les dépouiller de leur enveloppe cuticale, puis on les détaille et on les met jusqu'au lendemain dans un bassin d'eau fraîche, qui se renouvelle à chaque instant en attendant le moment de la vente.

Ce système de lavage à l'eau courante dépouille ces organes de toutes les impuretés, ce qui en fait, à Grenoble, une alimentation très estimée des consommateurs.

Enfin, dans le bâtiment affecté à la triperie, on s'occupe de la *boyauderie* et de la *fonte de la graisse*.

La boyauderie, qui exige la macération pendant quelques jours des boyaux de moutons, répand une odeur nauséabonde. La *fonte* de la graisse donne également une odeur insupportable. Ces deux industries sont antihygiéniques en se pratiquant dans les locaux de la triperie ; mieux vaudrait les voir placées dans un local isolé, entouré d'un mur et d'arbres.

Les maladies les plus fréquentes que l'on remarque sur les animaux que l'on abat à Grenoble sont :

1° La phtisie tuberculeuse, surtout sur la vache âgée ;

2° L'inflammation du cordon ombilical chez le veau ;

3° La bronchite vermineuse chez le mouton ;

4° La ladrerie chez le porc, mais elle est très rare; on observe un ou deux cas par année seulement.

M. le Docteur H. HENROT

Professeur à l'École de médecine de Reims, Membre du Conseil académique de Paris.

DE L'ENSEIGNEMENT NATIONAL DANS SES RAPPORTS AVEC L'HYGIÈNE

— *Séance du 19 août 1885* —

La somme des connaissances que l'on demande à l'enfant et au jeune homme devient chaque jour plus considérable ; à l'étude des langues anciennes est venue s'ajouter la connaissance des langues vivantes, qui s'impose aujourd'hui non seulement à ceux qui se destinent au commerce,

mais aux hommes de lettres et aux hommes de science qui veulent se tenir au courant du mouvement littéraire et scientifique de notre époque.

L'histoire, qui autrefois, ne s'appuyait que sur les documents que les écrivains avaient laissés et qu'il suffisait de traduire, repose aujourd'hui sur une base beaucoup plus large : la géologie, l'archéologie, la paléontologie, l'anthropologie, toutes sciences de création récente, qui permettent de la reconstituer avec une certitude beaucoup plus grande.

Dans le domaine des sciences pures : la physique, la chimie, la mécanique offrent un champ d'études tellement vaste, que rien que les applications de l'électricité à la lumière, à la transmission de la pensée, de la voix et de la force motrice, constituent autant de chapitres absolument nouveaux.

On peut donc dire sans exagération, que la somme des connaissances qui doivent meubler notre intelligence a quintuplé depuis cinquante ans; et d'un autre côté on peut également affirmer que les cerveaux contemporains ne sont ni plus solides ni mieux organisés que ceux de nos ancêtres ; il existe donc entre la somme de travail à fournir actuellement et la constitution de l'organisme cérébral une disproportion suffisante pour expliquer la fréquence beaucoup plus grande des maladies nerveuses.

Si avant de choisir une carrière, le jeune homme veut savoir à fond tout ce que contiennent les programmes d'études, il risque fort de laisser dans ce labeur sa santé ou sa raison ; nous pourrions citer de nombreuses victimes de ce travail excessif; combien la phthisie, l'affreuse phthisie, a-t-elle enlevé de jeunes gens à la fin de leurs humanités ! Nous avons vu aussi des élèves très brillants ayant obtenu les grands prix au lycée, être enlevés avant vingt-cinq ans par une sorte de ramollissement cérébral précoce.

Si la connaissance et la parfaite assimilation des matières contenues dans des programmes trop chargés peut conduire à d'aussi tristes résultats, est-il sage pour des parents de dépenser des sommes considérables pour l'instruction de leurs enfants, et n'est-ce pas trop demander à ceux-ci de sacrifier les distractions de leur âge pour être insensiblement amenés à un étiolement général qui ne pardonne guère ?

Il ne faut pas oublier que dans ces questions d'éducation il y a deux parties qu'il faut s'efforcer de toujours maintenir dans un parfait équilibre : le développement de l'intelligence et celui du corps ; il est donc imprudent de laisser aux seuls membres de l'Université le soin d'arrêter les programmes ; les hygiénistes devraient être appelés officiellement dans ces commissions pour arrêter les ardeurs des professeurs spéciaux, qui voudraient faire entrer dans les programmes toutes les connaissances qu'ils ont si laborieusement acquises.

L'enseignement national donné par l'université doit avant tout avoir

pour objet de former, dans toutes les branches du savoir humain, de bons citoyens capables de faire honneur à leur pays ; quand les humanités finissent, on sait que l'effort que doit faire le jeune homme pour prendre sa place dans la société n'est pas terminé, le plus souvent il commence ; c'est à ce moment qu'il a le plus besoin de toutes ses forces physiques et intellectuelles ; il faut donc bien se garder de rompre un équilibre si nécessaire et de permettre aux forces intellectuelles d'épuiser les forces physiques ; il est regrettable que des préoccupations d'examens, sans cesse renouvelées, exaltent sans relâche le système nerveux et impriment au tempérament du jeune homme des modifications maladives qu'il est exposé à conserver toute la vie.

La surcharge intellectuelle précoce conduit au nervosisme et, en politique, dans les lettres, dans les sciences, dans l'art militaire, une impressionnabilité trop grande retire à l'homme le sangfroid qui lui est toujours si nécessaire, il le laisse à la merci des événements auxquels il devrait au contraire commander. Il serait intéressant de connaître la statistique de ce que sont devenus à l'âge de trente ans, tous ces brillants élèves de nos lycées, de nos écoles de médecine, de nos écoles spéciales ! Combien la mort en a-t-elle fauché ! Combien de ces élèves, surmenés par le travail à un moment où la masse cérébrale est encore en voie d'évolution physiologique, sont devenus des citoyens incapables de remplir convenablement leur rôle dans la société ! Il serait intéressant de faire le compte de tous ces déclassés, victimes d'un programme immuable et qui cependant mieux dirigés selon leurs aptitudes personnelles, eussent pu devenir des hommes utiles et faire honneur à leur pays.

Si les parents étaient mis à même de mieux diriger les études de leurs enfants, si avant de les lancer dans tel ou tel enseignement, ils avaient mieux connu leurs ressources intellectuelles, de pareils faits ne se produiraient pas et malheureusement si, dans le cours des études, l'élève est obligé de passer d'un enseignement à l'autre, de l'enseignement spécial ou de l'enseignement primaire, dans l'enseignement classique il ne peut le faire que par un travail énorme, et bien souvent il lui reste des lacunes qu'il ne peut combler.

L'État doit donc examiner dans son ensemble l'enseignement qui se donne en son nom, ou aux frais des départements ou des communes, il doit s'efforcer d'établir un enchaînement logique entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire ; il ne faut pas qu'un père de famille, sans connaître suffisamment les ressources intellectuelles de son enfant à sept ou huit ans, soit obligé de choisir d'une façon irrémédiable la voie qu'il doit lui faire suivre.

Pour ménager ses forces, il faudrait donc qu'au lieu d'avoir trois ou quatre enseignements séparés, il n'y eût qu'un enseignement national,

permettant au plus grand nombre d'arriver à un minimum de connaissances générales suffisant et dont le couronnement serait un baccalauréat élémentaire ou de fonds commun.

Au point de vue démocratique, l'enseignement actuel crée dès le début une sélection des enfants : ceux qui appartiennent à des familles aisées qui pourront consacrer dix ans à leurs études, et ceux dont les familles ne peuvent pas supporter une si lourde charge qui devront se contenter de l'enseignement primaire. Il y a cependant dans ces écoles des enfants qui, par leurs facultés natives, par l'aiguillon que donne la nécessité de se créer seuls une situation dans la société, pourraient devenir des hommes distingués. L'année passée, au lycée de Reims, deux élèves sortant des écoles primaires et de l'école professionnelle, ont obtenu tous les premiers prix dans la classe de mathématiques spéciales.

Dans un enseignement vraiment national, tendant à prendre dans toutes les classes de la société les sujets les plus intelligents et les mieux doués, il y aurait lieu, ce nous semble, de relier les uns aux autres les efforts que tous les corps publics font en faveur de l'instruction.

Voici, selon nous, et nous déclarons tout d'abord que nous ne sommes nullement pédagogue, une organisation qui mériterait d'être étudiée par des hommes compétents.

Nous admettons quatre périodes dans l'enseignement national :

1° *L'école maternelle*. — L'école maternelle constitue certainement pour les enfants de trois à six ans le meilleur mode d'enseignement; les leçons de choses y prennent une grande place : les exercices physiques, les chants constituent une excellente méthode qui permet le développement simultané du corps et de l'intelligence. Les lycées ont parfaitement fait de s'annexer, chaque fois qu'ils l'ont pu, une bonne école maternelle dirigée par une femme.

2° *L'enseignement primaire*, pour les enfants de six à douze ans, serait sensiblement le même dans les écoles primaires et dans les collèges et lycées; la lecture, l'écriture, les notions les plus générales d'histoire, de géographie, de dessin, etc., sont les matières qu'il est indispensable de posséder à cet âge. Cet enseignement est couronné par le certificat d'études.

3° *L'enseignement secondaire* prend les élèves entre douze et treize ans, là commence la première division : les uns suivant l'enseignement classique (cinquième, quatrième et troisième), les autres les cours d'enseignement spécial; les matières enseignées seraient à peu près les mêmes, avec cette différence que les élèves du cours classique feraient du latin et du grec. Il est certain qu'à treize ans, les parents qui connaissent l'aptitude de leurs enfants, leur facilité plus ou moins grande pour le travail, pourraient faire en pleine connaissance de cause, un choix qui leur était impossible quatre ans auparavant.

L'enseignement secondaire ne devrait plus être placé dans une sorte d'infériorité choquante vis-à-vis de l'enseignement classique; le choix du premier n'indiquerait pas comme le fait existe aujourd'hui, une espèce de défaveur pour l'élève qui suit le cours spécial, mais simplement une autre direction d'études; tous les professeurs de l'École normale ne seraient pas fatalement destinés à l'enseignement classique ; il y en aurait, et des meilleurs, qui s'occuperaient de l'enseignement secondaire spécial et ainsi disparaîtraient ces divisions si profondes qui, à l'heure actuelle, partagent l'Université.

Comme couronnement de l'enseignement classique ou spécial, il y aurait le baccalauréat élémentaire, ou de fonds commun, qui serait le même pour les deux enseignements ; celui-ci porterait simplement, comme mention spéciale, latin et grec pour les élèves du cours classique. Ce baccalauréat serait passé dans la mairie des villes où existe un lycée de première classe, on instituerait un jury composé des professeurs de l'établissement sous la présidence d'un commissaire du gouvernement, l'inspecteur d'académie par exemple; les notes des élèves pendant tout le cours de leurs études, consignées sur un livret *ad hoc*, constitueraient, à côté de l'examen proprement dit, une base sérieuse pour asseoir le jugement du jury.

Le baccalauréat, tel qu'il est organisé, ne donne pas tous les résultats que l'on est en droit d'en attendre; une épreuve de ce genre, qui donne accès dans la plupart des professions libérales et dans les écoles du gouvernement, ne devrait pas seulement s'adresser à l'élite des élèves pour répondre au but national que le législateur a cherché, il devrait s'adresser à la majorité des élèves ; or d'après une statistique récente et fournie par une personne on ne peut plus autorisée, dans un document officiel, il résulte que, dans toute la France, le tiers seulement des élèves est reçu au baccalauréat, 66 0/0 des élèves présentés doivent réparer leur échec; enfin sur le nombre total des examens des différents baccalauréats, les deux tiers des élèves ne sont reçus qu'avec la note passable.

Les conclusions à tirer de ces chiffres seraient les suivantes : ou les matières sur lesquelles porte l'examen sont trop chargées, ou les examinateurs se préoccupant plus des points de détail que de l'instruction générale des élèves sont trop difficiles, ou les professeurs de l'Université n'ont pas la même valeur que ceux qui les ont précédés, ou enfin la moyenne des intelligences à notre époque, est au-dessous de ce qu'elle était autrefois.

Nous ne voulons pas reprendre en détail chacun de ces points; mais nous pensons qu'il y aurait tout avantage à laisser au professeur de l'enseignement secondaire des lycées de première classe, et sous le contrôle d'un inspecteur de l'enseignement public, le soin de faire passer cet examen si important.

Comme l'enseignement secondaire se donne dans les lycées et dans les établissements libres, le jury au lieu de siéger au lycée même, pourrait, comme cela se fait pour les épreuves écrites de l'École polytechnique, se réunir à la maison commune

4° *Enseignement spécialisé.* — En possession de ce baccalauréat élémentaire, l'élève continuerait à passer deux années au lycée et, selon ses facultés ou ses aptitudes, il se spécialiserait dans l'étude des lettres ou des sciences. Ces études donneraient accès à quatre baccalauréats spéciaux, qui seraient passés, non plus au siège du lycée, mais dans une des facultés de l'État.

Les élèves du cours de rhétorique et de philosophie passeraient le baccalauréat ès lettres, qui leur donnerait accès aux écoles de droit, à l'École normale supérieure, etc.

Les élèves de la classe de mathématiques spéciales se dirigeraient vers le baccalauréat ès sciences mathématiques.

Les élèves de quatrième et de cinquième année de l'enseignement secondaire spécial et certains élèves des cours classiques, seraient dirigés vers le baccalauréat ès sciences naturelles, qui donnerait accès aux facultés de médecine et de pharmacie et à la licence.

Enfin, le baccalauréat ès arts serait le couronnement des études de ceux qui veulent s'adonner à l'industrie et au commerce.

De l'ensemble d'un enseignement ainsi constitué et susceptible d'être modifié dans ses détails par des hommes compétents, il résulterait que les quatre cinquièmes des élèves de nos lycées ne seraient pas sacrifiés, pendant toute la durée de leurs études, à l'élite des classes; que chacun recevrait le maximum de connaissances selon la variété de ses dispositions naturelles et que tous posséderaient une instruction générale sérieuse avant de se spécialiser; la spécialisation hâtive est toujours une mauvaise chose; en médecine, par exemple, il est universellement admis que l'on ne peut faire un bon spécialiste que quand on possède bien toutes les connaissances générales.

Au point de vue social, il faut bien reconnaître que ce n'est plus dans ce que l'on appelle les classes élevées que se trouvent les hommes qui font le plus d'honneur à leur pays; c'est dans la démocratie tout entière que se recrutent les forces vives de la France; en facilitant l'accès de l'enseignement secondaire aux élèves les plus méritants des écoles primaires, qui, souvent, mieux que les autres, comprennent le besoin d'un travail assidu pour arriver, on ferait une œuvre méritoire, on préparerait dans toutes les branches du savoir humain des hommes distingués.

Enfin, la présence officielle d'un certain nombre d'hygiénistes dans les commissions d'élaboration des programmes et dans les conseils académiques permettrait de proportionner aux forces naturelles de l'enfant la

somme de connaissances que celui-ci doit s'assimiler; cette période si importante de la croissance s'accomplirait sans secousse, sans perturbation, et quand il aurait atteint l'âge de dix-huit ans, l'État pourrait compter dans chaque écolier un citoyen vigoureux, fortement armé au point de vue intellectuel pour le grand combat de la vie.

M. Charles HERSCHER

Ingénieur.

SUR LES ÉTUVES A DÉSINFECTION
CONDITIONS DE LEUR EFFICACITÉ ET CONDITIONS RELATIVES A LA DÉTÉRIORATION DES OBJETS TRAITÉS

— *Séance du 19 août 1885* —

On sait que es vêtements, les linges et la literie peuvent servir facilement à la transmission des maladies contagieuses, et que la chaleur est essentiellement efficace pour la destruction des germes pathogènes.

Mais ce qu'on néglige trop dans la pratique, c'est de s'attacher à ce que les objets à épurer soient réellement pénétrés par de la chaleur humide et non pas seulement exposés à la chaleur sèche, comme cela a lieu partout, sauf quelques rares exceptions. Les prétendus appareils d'humidification dont sont pourvues les étuves usuelles sont illusoires; et il n'y a pas, d'autre part, jusqu'aux instructions prescrivant de porter et de maintenir la température des étuves à 115° C. et plus, qui ne soient décevantes.

Aussi croyons-nous utile de signaler ici les solutions répondant réellement aux conditions posées par les hommes de science.

Il n'est pas non plus sans intérêt, d'autre part, de faire connaître quelques constatations expérimentales nouvelles, qui montrent qu'on doit prendre garde d'atteindre certaines températures pourtant conseillées souvent, sans se douter qu'elles présentent de sérieux inconvénients au point de vue de la détérioration des objets.

Nous avons été amenés à étudier les diverses difficultés du problème, ses exigences contradictoires, et nous nous proposons de déterminer, de notre mieux, la mesure dans laquelle il faut se tenir pour opérer efficacement et sans inconvénients sérieux d'aucune sorte.

Depuis le jour où, s'appuyant sur les expériences de Pasteur, de Koch,

de Tyndall, de Davaine, etc., M. le Dr Vallin a signalé à l'attention de notre pays les applications de la désinfection par la chaleur effectuées à l'étranger, la question a fait de réels progrès, auxquels des compétences diverses ont contribué. Et cependant, que de temps il a fallu pour arriver à réaliser effectivement la solution réclamée à différentes reprises par M. Vallin !

Parmi les avis échangés à ce sujet dans une des discussions ouvertes à la Société de médecine publique, en 1877, M. Émile Trélat indiquait déjà alors l'emploi de la vapeur directe comme un procédé désirable.

Or, c'est justement l'action directe de la vapeur en pression qui rallie actuellement le plus de partisans, et nous sommes de ceux-là, mais avec les tempéraments que l'expérience nous a amené à reconnaître comme nécessaires.

On doit au Service de santé de la Marine (président M. J. Rochard et secrétaire M. le Dr Rochefort) des expériences démonstratives sur l'emploi de la vapeur directe sous pression ; ces expériences montrent que ledit procédé est à la fois efficace et rapide. Quelques minutes, en effet, suffisent pour que la chaleur voulue pénètre au cœur d'un matelas, alors qu'il faut compter jusqu'à six, sept heures et davantage avec les étuves ordinaires. On doit donc louer l'initiative qu'a prise en France le Service de santé de la Marine, et souhaiter vivement que son exemple soit suivi.

Quant au type d'appareil lui-même qui a servi aux expériences, nous dirons franchement que nous le trouvons bien imparfait. Nous constatons, du reste, dans la note publiée en juillet dernier par la *Revue d'hygiène*, que le Conseil de santé désire, lui aussi, des perfectionnements dans les dispositions dudit appareil.

Nous ne voudrions pas, d'ailleurs, qu'on pût croire qu'il y ait encore des difficultés à vaincre au point de vue de l'exécution, car en Angleterre, par exemple, il se construit depuis plusieurs années des étuves à vapeur directe dont les dispositions, bien supérieures, sont dues à un ingénieur distingué du nom de Washington-Lyon. M. Lyon, qui a eu l'obligeance de nous envoyer de Londres tous les renseignements nécessaires, attache, avec raison, de l'importance à son enveloppe chaude, complètement indépendante de l'introduction de la vapeur directe dans l'étuve, et qui permet d'exposer les objets à désinfecter dans une chambre à parois chauffées au préalable, et maintenues telles encore après l'évacuation de la vapeur d'épuration ; ce sont là des qualités excellentes. L'étuve Lyon est en outre pourvue de deux portes, l'une d'entrée pour les objets à désinfecter, l'autre servant à la sortie après purification, et on sait combien cette disposition est utile.

Il nous sera bien permis de citer aussi les appareils à vapeur directe Geneste et Herscher, lesquels sont également pourvus de portes en avant

et en arrière et offrent aussi l'avantage de chauffer les parois des chambres d'épuration avant l'introduction des objets, de même qu'après leur exposition à la vapeur directe.

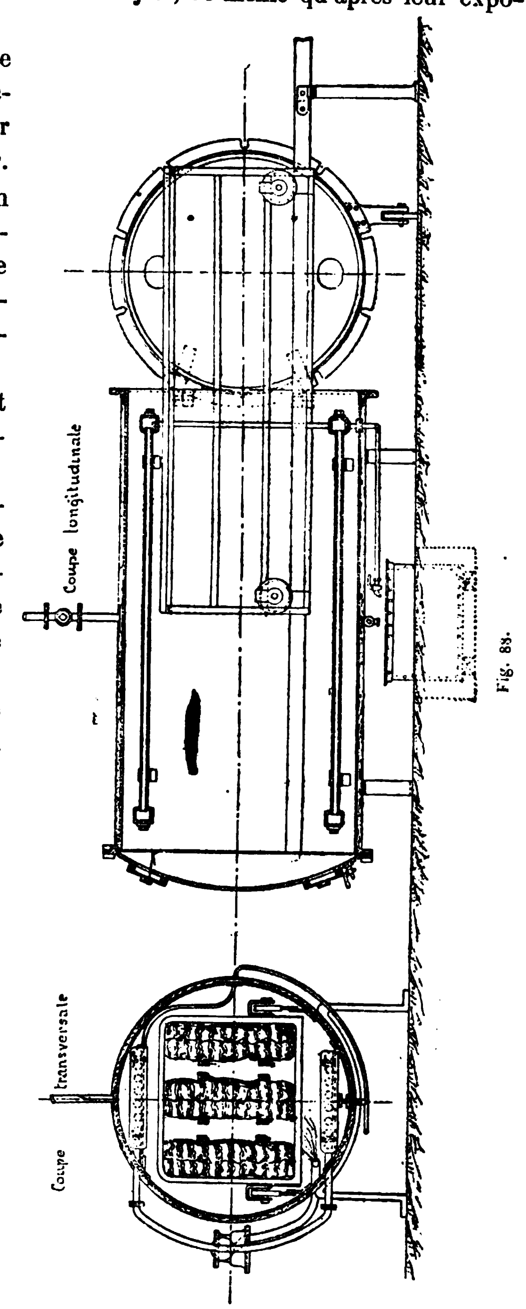


Fig. 88.

La figure 88 représente la disposition la plus générale des étuves à vapeur directe Geneste et Herscher.

La chambre d'épuration se compose d'un corps cylindrique en tôle à simple paroi, pourvu à chaque extrémité d'une porte à fermeture hermétique.

Le cylindre est recouvert extérieurement d'une enveloppe isolante.

Dans l'intérieur du cylindre, des surfaces de chauffe supplémentaires et desservies par de la vapeur à une pression supérieure à celle de l'étuve proprement dite, sont établies à la partie haute de celle-ci ainsi qu'à la partie inférieure. Ces surfaces de chauffe, d'un concours très utile, sont mises en service dès avant l'introduction des objets à épurer, et combattent les condensations sur les parois, de même qu'après l'épuration, elles activent beaucoup le séchage.

Les objets à désinfecter, matelas, objets de literie ou autres, sont disposés sur un chariot roulant sur rails, et que l'on introduit dans le corps cylindrique.

Les portes de l'étuve étant hermétiquement fermées par le serrage de boulons d'une manœuvre rapide, on introduit la vapeur que l'on main-

tient à une pression qui, pour que la désinfection soit toujours assurée, n'a pas besoin de dépasser une demi-atmosphère effective, pression correspondante à environ 110° C. Pratiquement, une latitude de quelques degrés en plus peut être laissée à l'agent chargé du fonctionnement, mais il faut éviter de dépasser 115°, sous peine de voir la détérioration des objets s'accuser sérieusement.

Dans cette étuve il est très facile de fixer et de maintenir la pression au degré voulu par l'emploi d'un appareil régulateur de pression du système Geneste et Herscher.

Ajoutons que, pour assurer l'action de la chaleur dans toutes les parties des objets, surtout lorsqu'ils présentent une certaine résistance à la pénétration, comme le sont, par exemple, les matelas, il est très avantageux de produire à un moment donné de l'opération, une chute de pression, en laissant échapper la vapeur et fermant l'admission, après quoi on réapplique de nouveau la pression.

Les expériences faites sur ces étuves ont établi qu'en se conformant aux indications précédentes, il suffit, pour obtenir la désinfection des matelas, d'une durée de 15 minutes, en y comprenant le temps nécessaire pour produire la chute de pression dont nous avons parlé plus haut; en plus, il faut compter 20 minutes pour le séchage.

Pour cette dernière opération, on laisse entr'ouverte l'une des portes de l'étuve.

Pour les vêtements ou objets analogues, le temps de la mise sous pression sera réduit à 10 minutes, en y comprenant le temps nécessaire à la chute de pression, et le séchage également de 10 minutes, soit en tout 20 minutes par opération, plus quelques minutes pour les manœuvres.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que des étuves à vapeur directe sous pression dans lesquelles les objets à désinfecter sont nécessairement exposés à la chaleur humide à une température de 110° environ. Ce sont là les conditions indiquées par les savants comme nécessaires pour obtenir la destruction certaine et complète des organismes pathogènes quelconques.

L'auteur de la présente communication, dans la pensée de faciliter l'usage de la désinfection par la chaleur en se servant d'appareils plus simples encore que ceux à vapeur sous pression, décrits plus haut, avait cru pouvoir indiquer comme recommandables aussi dans beaucoup de cas les étuves à air chaud, à la condition qu'elles soient construites rationnellement au point de vue de l'égale répartition de la chaleur, et pourvues d'un appareil fournissant de la vapeur en quantité suffisante. Mais, depuis le Congrès de Grenoble, une série d'expériences rigoureuses et méthodiques ont été faites sur les divers genres d'étuves à désinfection par MM. les professeurs Grancher et Gariel, à l'instigation de M. Brouardel, président

du Comité consultatif d'hygiène de France, et de M. Proust, inspecteur général des services sanitaires. Ces expériences ont donné lieu à un rapport dont les conclusions, approuvées par le Comité consultatif d'hygiène, ont établi que la destruction des organismes pathogènes a été réalisée complètement dans l'étuve à vapeur sous pression de MM. Geneste et Herscher. L'étuve à mélange d'air et de vapeur sous pression des mêmes constructeurs (voir dessin ci-dessous, figure 89) n'a pas donné des résultats aussi complets, malgré qu'elle présente tous les perfectionnements qu'on peut attendre d'un appareil de ce genre.

Lorsqu'il ne s'agit que de destruction de vermine ou de parasites, comme c'est le cas pour des prisons, asiles de nuit, ou pour les vêtements et linges de personnes atteintes de certaines maladies de la peau, les étuves à air chaud sont suffisantes. N'ayant pourtant en vue dans cette note que

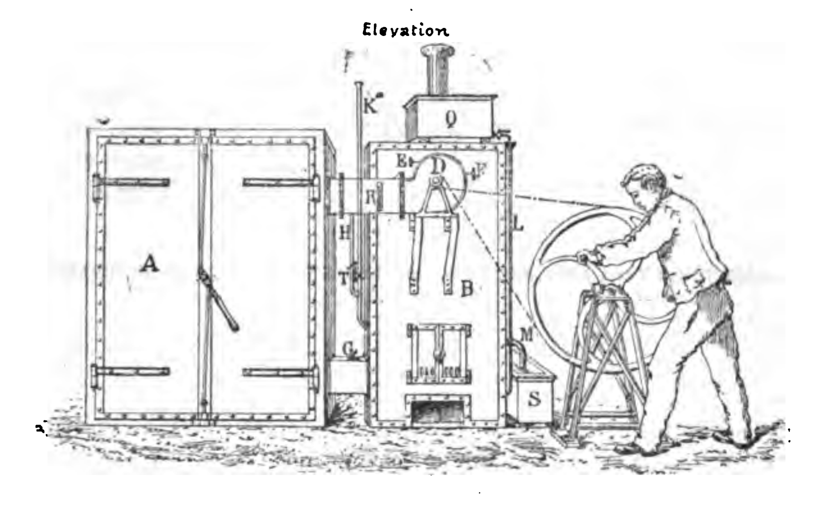


Fig. 89.

ce qui concerne la destruction des organismes pathogènes, nous n'insisterons pas sur ce genre d'appareils et nous nous contenterons de donner ci-dessous la vue d'ensemble d'une étuve d'une construction très étudiée due à MM. Geneste et Herscher.

Dans cet appareil, l'air chaud est fourni par une sorte de calorifère indépendant de la chambre d'épuration ; et l'air chaud est mis en mouvement par un ventilateur qui le fait circuler avec rapidité successivement dans l'étuve et au contact des surfaces de chauffe de l'appareil calorifère. Un bouilleur fournit en abondance de la vapeur à une température de $+110^{\circ}$, qui permet d'obtenir dans l'étuve à volonté de l'air sec ou humide.

Notre but, en faisant la présente communication, a été à la fois de préciser les conditions d'efficacité réelle de différentes sortes d'étuves à désin-

fection usitées; et nous avons voulu aussi appeler l'attention sur les inconvénients qu'il peut y avoir à dépasser certaines températures. Une première série d'expériences nous avait donné des résultats inquiétants dans une certaine mesure. Ces expériences, reprises avec des appareils perfectionnés, ont permis de constater que, lorsque la température de la vapeur directe sous pression à laquelle on doit exposer les objets à épurer ne dépasse pas 115°, la diminution de résistance des tissus ou de la laine est tout à fait négligeable. Or, comme cette température est plus que suffisante pour obtenir la destruction des organismes pathogènes, il convient de s'y tenir, et, dans cette limite tout à fait pratique, il n'y a plus aucune préoccupation à avoir au sujet de la conservation des objets traités dans les étuves.

M. da SILVA

Architecte du roi de Portugal, Membre étranger de l'Institut de France.

NSCRIPTION TRÈS ANCIENNE ET RARE GRAVÉE ET PEINTE SUR UN ROCHER EN PORTUGAL

— *Séance du 14 août 1885* —

Dans la province du *Douro,* au nord du Portugal, dans l'endroit appelé *Barca d'Alva,* à 133,920 mètres du chemin de fer de la ligne du *Douro,* au-dessus du tunnel de la *Rapa,* se trouve un rocher sur lequel on voit des signes peints en rouge très foncé, comme le fait voir la planche XVI, qui est une réduction au huitième de ces signes. Je désire consulter les savants membres du Congrès pour savoir quelle est la signification de ces signes. On croit que, peut-être, ils seraient dus à un peuple venu dans la péninsule Ibérique à une époque très ancienne et qui y aurait laissé cette inscription en mémoire du séjour qu'il aurait fait dans cette contrée; mais quel serait ce peuple?

Ce rocher se trouve tout couvert de cryptogames, excepté la surface de cette inscription, qui paraît même avoir été préparée pour ce travail, ayant l'apparence d'avoir été couverte avec une couche de vernis et, sans doute, cette apparence bitumineuse a contribué à conserver ces signes intacts depuis un grand nombre de siècles.

La tradition a conservé le souvenir que, dans l'endroit où se trouve ce rocher, sur la rive droite du fleuve *Douro,* serait la limite où les Phé-

niciens étaient arrivés lorsqu'ils ont monté ce fleuve pour la première fois. Mais ces signes ne sont pas de l'écriture de cet ancien peuple.

Cette inscription a une hauteur de 3m,18 sur une largeur de 0m,82, et elle est placée sur l'extrémité supérieure du rocher, et, à cause de cela, il a été un peu difficile de prendre un calque sur cette surface verticale.

A la base de ce rocher, il y a une caverne composée de deux chambres; et on a conservé le souvenir que, dans l'année 1687, le 24 juin, un prêtre, le curé de la paroisse de la *Barca d'Alva,* avait pénétré dans la seconde chambre de cette caverne, où personne n'avait jamais osé entrer, et que, au bout de quelques minutes, il était sorti tout tremblant, sans pouvoir parler et les dents lui étaient tombées! Quelques jours après, il était mort : on suppose qu'il avait respiré une vapeur malsaine. Tous les ans, pendant les grandes chaleurs, on voit sortir de la base de ce rocher une matière bitumineuse. Il n'y a pas d'autres vestiges semblables à ceux de ce rocher dans le Portugal.

Je suppose donc qu'il serait intéressant d'appeler l'attention des membres du Congrès sur cette curieuse antiquité, en leur demandant d'avoir la bonté de donner leur opinion sur la signification de cette trouvaille.

M. L. GUIGNARD

Vice-Président de la Société d'Histoire naturelle de Loir-et-Cher, à Sans-Souci (Chouzy, Loir-et-Cher).
Président de la sous-section d'Archéologie au Congrès de Grenoble.

INFLUENCE DE L'ART GAULOIS SUR LE PORTAIL DE L'ÉGLISE DE MESLAND

— *Séance du 17 août 1885* —

Le département de Loir-et-Cher possède de nombreuses églises remontant aux siècles reculés de notre histoire nationale. Parmi celles signalées avec juste raison, nous pourrions citer, à Blois, Saint-Nicolas, jadis Saint-Laumer; à Vendôme, la Trinité, ravissant bijou du moyen âge; à Montoire, la chapelle Saint-Gilles; l'église de Troo, celle de Fontaines-en-Sologne, Notre-Dame d'Aiguevive, la collégiale de Selles-sur-Cher, et combien d'autres! mais, parmi tous ces souvenirs d'un autre temps, aucun temple chrétien, dans notre circonscription, ne possède un portail comparable à celui de Mesland, petit bourg sur la rive droite de la Loire, dépendant du canton d'Herbault.

L'arcade qui le forme est de plein cintre. L'intrados des voussoirs porte

des rinceaux avec palmettes, une en haut, l'autre en bas, sortant de droite et de gauche de la gueule d'un monstre couché. La seconde portion de l'archivolte est composée de têtes saillantes, dont plusieurs sont coiffées du cassis gaulois (1) à apex demi-circulaire surmonté d'une palmette que vous retrouverez sur les autres têtes dépourvues de cette coiffure guerrière. La barbe de ces figures est nattée avec soin, le cheveu est en général court ou

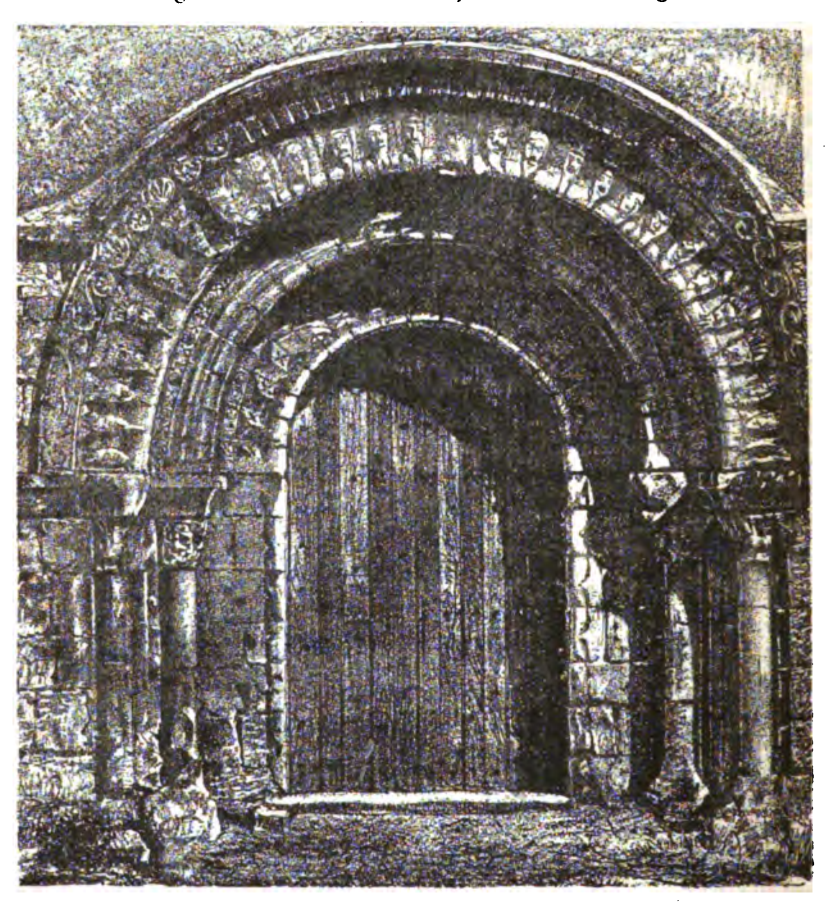


Fig. 90.

ne paraît pas. Ces masques curieux sont au nombre de vingt-six. Treize sur la droite, treize sur la gauche; un vingt-septième devait rayonner dans la perpendiculaire du diamètre de l'arcade, il a été détruit depuis de longues années à une époque inconnue.

Si nous examinons la portion centrale de l'archivolte, nous trouvons un ravissant motif décoratif formé d'une croix recroisetée en creux suivie d'un oursin à six pans à relief complet, suivi lui-même de deux nouvelles

(1) Sorte de casque.

croix recroisetées ramenant à leur tour l'oursin, et ainsi de suite.

Dans le motif du dessous, trois raies forment l'arc, puis un nouvel ornement composé de rouelles à double cercle de six rayons; enfin, terminant l'extrados des voussoirs, un décor tournant de dents de scie un peu courbes, déployées en serviettes pointes en haut, pointes en bas et portant dans chaque entre-deux, en cœur, deux étoiles à quatre branches rangées deux par deux, venant aboutir en pointes sur les entre-deux des dents dont les pointes du bas s'appuyaient sur le boudin terminal de l'extrados.

L'arc est supporté par une retombée à pans coupés, supportés eux-mêmes par deux chapiteaux cubiques, sur l'un desquels court un sphinx ailé répété sur les deux côtés apparents; sur l'autre on voit la tête du dieu cornu Cernunnos répété dans les mêmes conditions, puis viennent des colonnes rondes unies reposant sur des socles sans ornements.

A quelle époque peut remonter ce portail, sinon unique, du moins fort rare dans nos contrées, comme forme et surtout comme dessin ?

Si nous nous reportons aux poteries des premiers siècles de l'ère chrétienne découvertes en divers endroits de la France et par nous sur la place des Épars à Chartres, nous sommes surpris par la grande analogie qu'offrent leurs rinceaux avec ceux du premier tour de l'arcade; d'autre part les ornements fac-simile de l'oursin (ananchites), si prisé comme amulette par le peuple gaulois, nous reporte à une époque identique. L'oursin joua un grand rôle chez nos pères; nous le retrouvons associé aux silex dans les tombes; on lui attribuait des vertus magiques considérables; les druides portaient à leur cou l'ovum anguinum comme marque de leur dignité, et l'on prétendait que cette boule était le produit de la bave des serpents entrelacés, vieux souvenir déjà du culte d'Ophys, rappelant la légende cosmogonique du dragon diluvien.

« Si tu veux, nous dit Perse lui-même, empêcher la souillure d'un lieu, peins deux serpents.

..... Hic, inquis, veto quisquam faxit oletum.
Pinge duos angues.

(Perse, Sat. I, v. 112-113.)

Il n'y aurait donc rien d'extraordinaire à ce que l'oursin figurât comme ornement sur le portail du temple consacré à la divinité, ce nouveau détail affecte donc encore un caractère bien gaulois. Les têtes coupées formant saillie sont encore bien plus concluantes. Les Germains et les Gaulois, nous dit Tacite, dans son livre *De moribus Germanorum*.

« Deorum maxime Mercurium colunt, cui certis diebus humanis quoque hostiis litare fas est. »

« Mercure est chez eux la première des divinités; à certains jours, ils lui immolent des victimes humaines. »

Cette rangée de têtes dans l'arc du portail ne figurerait-elle pas ce barbare usage et ne rappellerait-elle pas le souvenir d'un grand sacrifice où furent égorgés les puissants chefs d'une armée vaincue? La chose est d'autant plus possible que, dans l'intérieur du temple chrétien, nous trouvons deux antiques statuettes dont les noms caractéristiques donnent à notre dire une force considérable. Saint Hermès et saint Sylvain, ces deux vieux noms de dieux du paganisme, sont là de chaque côté de l'autel du christ comme pour protester contre l'invasion du culte nouveau. Hermès dut donner son nom au bourg dans lequel fut construit le sanctuaire. Hermesland, la terre de Mercure, devint dans la suite Mesland, nom qu'elle conserve encore de nos jours.

Les Gaulois, nous dit Dupleix dans son histoire de France, coupaient la tête de leurs ennemis vaincus, embaumaient ces sanglants trophées, les renfermaient dans des boîtes en bois de cèdre pour empêcher leur corruption, et les transmettaient à leurs descendants comme un souvenir vivant de la valeur de leurs pères; les crânes servaient de coupes dans les festins guerriers.

L'influence de l'art gaulois se fait non moins vivement sentir dans les figurines ornant les chapiteaux qui soutiennent la porte centrale. Nous y voyons occupant la première place le dieu Cernunnos, le dieu cornu d'origine sémitique, l'Ammon honoré à Thèbes et chez les Égyptiens, descendant de Ptah, le mystérieux, le caché, que nous retrouvons tantôt avec une tête de bélier, tantôt sous la forme iphytallique ou de Khem générateur, parfois même avec la tête d'épervier, l'oiseau d'Horus, symbolisant les nouvelles naissances du soleil (Ra) et qui servit à certaines époques à écrire le mot Dieu avec une tête humaine, à représenter cette pensée abstraite de l'âme dans le griffon sphinx qui se trouve dans le chapiteau voisin, d'où cette union intime de l'âme près de Dieu. Cet ensemble est bien complété par les dents de scie que nous remarquons sur les vases anciens des tumuli, par les phalères en rouelles courant autour des arcs.

Un autre point sur lequel nous attirons l'attention des archéologues, ce sont ces raies longitudinales faites dans la pierre le long des piliers et qui semblent avoir été le produit de la juxtaposition de haches de pierre, des celtæ, ce qui serait une nouvelle preuve à l'appui de la haute antiquité du temple actuel.

Tout concorde donc pour accentuer davantage l'origine gauloise de cette curieuse entrée. N'y aurait-il pas lieu de créer avec ce portail-type, dans l'art architectural actuel, une nouvelle branche: nous avons le roman, le moyen âge, la renaissance, pourquoi n'aurions-nous pas le gaulois?

Nos pères ont eu leur vie propre, il est temps de leur rendre ce qui leur appartient. Mais, Messieurs, hâtons-nous; car, bien que classé comme monument historique, ce curieux échantillon du passé, non entretenu, va cha-

que jour s'effritant davantage sous l'action du temps; avant peu nous serons peut-être forcé de vous annoncer sa ruine complète.

J'espère donc que vous voudrez bien, avec nous, émettre un vœu que nous transmettrons à la Commission des monuments historiques pour amener au plus tôt la restauration de ce débris du passé si précieux pour nous et d'une portée si considérable pour nos chères études.

M. Ch. BOSTEAUX

Maire à Cernay-lès-Reims.

DÉCOUVERTE D'UNE STATUETTE GALLO-ROMAINE AVEC INSCRIPTION SUR SON PIÉDESTAL EN BRONZE

Sur le territoire de la commune de Berru (Marne), dans la partie de la montagne dénommée le Mont de Berru, au lieudit la Prière-au-Bois,

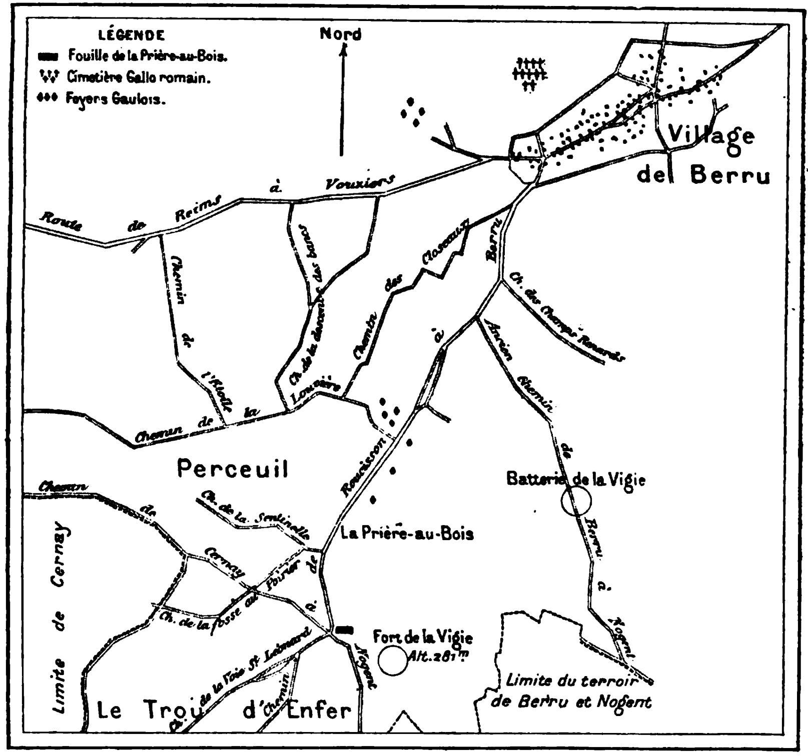


Fig. 91.

j'avais remarqué depuis quelques années, à la surface du sol, de nombreux vestiges de l'époque gallo-romaine (fig. 91).

En 1882, j'y avais déjà recueilli, avec des débris de poteries, une monnaie grand bronze d'Hadrianus.



Fig. 92.

Le 25 février 1885, poursuivant mes recherches, je fus très heureux de mettre à découvert, dans les terrains sableux de cet endroit, une statuette en bronze encore dressée sur son piédestal, lequel reposait lui-même sur une grande tuile à rebord (fig. 92).

Cette statuette était enfouie à $0^{m},50$ de profondeur ; elle est d'une conservation intacte.

Cette petite divinité est entièrement nue, elle mesure $0^{m},10$ des pieds à la tête, sa figure est souriante et barbue, sa tête est ornée d'une couronne de chêne ; elle tient dans sa main gauche, dont le bras est pendant, la foudre non développée, sous la forme d'une chrysalide ; la main droite est levée à la hauteur du sommet de la tête et a porté un instrument qui a dû être le marteau, attribut du tonnerre, car cette main, qui est fermée, a laissé le vide du manche de cet instrument.

Le piédestal, de forme ronde, mesure $0^{m},045$ de hauteur sur $0^{m},06$ de diamètre à la base ; au bandeau de la partie supérieure se trouve gravée cette inscription latine en abrégé :

D· IOV· MAPA· SOLLI· FIL·

A la partie inférieure de ce piédestal se trouvent aussi trois lettres abréviatives :

V · L · M·

Ces inscriptions abréviatives latines peuvent être ainsi complétées :

Divo JOVi MAPA SOLLIi FILius Vovit Libens Merito.

Et la traduction française pourrait signifier :

Au divin Jupiter Mapa, fils de Sollius, a volontairement voué

[cet hommage] en action de grâces.

« Cette divinité représente le Jupiter Tonnant ou le dieu du ciel portant les attributs de la foudre et du tonnerre : c'était le dieu protecteur des habitations ; sa protection s'étendait sur les familles ; les demeures étaient sous sa sauvegarde. Juge suprême du serment, il punit le parjure, protège l'exilé et l'hôte suppliant. C'est de sa main terrible que les méchants reçoivent leur punition, car il est le Voyant qui ouvre un œil éternel sur le monde. Ses armes sont l'éclair et le tonnerre, et quand il agite l'égide, il appelle les tempêtes et fait gronder le tonnerre. »

Pour que cette statuette soit restée en place telle que je l'ai retrouvée, il a fallu qu'elle y fût mise avec l'intention de la cacher, probablement lors de la destruction des idoles, à l'apparition du christianisme.

Sans doute qu'en cet endroit il y avait un temple à l'époque romaine ; ce temple aura été remplacé par une chapelle, car jusqu'au siècle dernier il y avait une croix sur le bord du chemin dans cette même propriété, et tous les ans les gens de Berru et des environs s'y rendaient en procession.

A 150 mètres de cet endroit se trouve le point culminant du Mont de Berru, qui est à 281 mètres d'altitude ; sur ce sommet se trouve établi le fort de la Vigie, d'où l'on jouit d'une vue magnifique. Cette position a été de tout temps un poste stratégique, car autrefois, en extrayant les pierres siliceuses, on y a retrouvé des armes gauloises et romaines sous la terre végétale ; c'était aussi un poste de télégraphie aérienne.

M. Th. HABERT

A Troyes.

PROJET DE RÉORGANISATION DES MUSÉES DE PROVINCE

— Séance du 17 août 1885 —

Notre Société, l'Association française pour l'avancement des sciences, n'a pas seulement pour mission de rechercher et de produire, devant la science et devant l'histoire, des faits nouveaux, elle doit aussi veiller à la conservation des documents et des monuments acquis.

Comme membre de la section d'Archéologie, j'ai promis à mes collègues, dans l'une de nos séances du Congrès de Blois (septembre 1884), de soumettre à votre haute appréciation, à vos connaissances approfondies, un projet de réformes à opérer dans la tenue de nos Musées archéologiques de province. C'est pour accomplir cette promesse que j'ai l'honneur de vous transmettre les moyens qui me semblent devoir être employés dans ce but.

Sans indiquer particulièrement aucun établissement, il est à la connaissance de tous les archéologues qu'une négligence coupable, souvent une impéritie notoire, apportent le désordre, la désorganisation dans la plupart de nos Musées de province.

C'est généralement par l'abandon de collections particulières que ces Musées se sont formés (peu ont été le fait de travaux et de recherches des Sociétés entre les mains desquelles nous les trouvons presque tous aujourd'hui); aussi, grâce à leurs connaissances, les donateurs faisaient quelquefois de ces établissements des modèles d'organisation (1).

Mais le désordre est devenu à son comble après le passage de deux ou trois conservateurs, pris quelquefois au hasard, chacun d'eux ayant voulu *organiser à sa façon*, selon son savoir et sa science.

La conservation, la direction, puis-je dire, de la plupart de nos Musées de province est confiée, le plus souvent, à une seule personne, un artiste, un homme de lettres ou de science; et ce conservateur, qui a toujours une préférence, néglige les objets qui lui sont le moins familiers. D'autres fois, et c'est pire, cette fonction est donnée à titre honorifique, privilégié, à une personne qui n'a pas l'aptitude voulue, ou à une personne absorbée par des travaux personnels, qui ne peut fournir ni le temps, ni les soins que nécessite cette charge.

Le désordre, il faut le répéter, est tel dans nos Musées de province, qu'aucun amateur sérieux ne voudrait abandonner sa collection si on ne lui assurait des garanties spéciales pour l'avenir, ce qui cause un tort considérable à ces établissements.

La science est d'essence démocratique. Elle est et doit être accessible à tous. Non seulement elle doit être accueillie, mais elle doit être recherchée. Or, toute société savante qui lui est réellement dévouée doit lui être *largement ouverte*. Les *sociétés fermées* ne sont donc que des obstructions à la science, de petites églises où s'étale la vanité de quelques-uns et où ne peut aborder le chercheur modeste. Nos Sociétés dites savantes de province, qui sont en grande partie dans ce dernier cas, ne sont, en vérité, que des trompe-l'œil, des sociétés de découragement à la science. D'où l'incurie présente.

(1) Je puis citer, comme exemple, le Musée de la petite ville de Varzy, chef-lieu de canton (Nièvre), fondé et dirigé par M. Grasset aîné, son bienfaiteur.

Le projet que j'élabore n'a pas seulement trait aux choses acquises, il prépare l'avenir en vue de l'avancement des sciences.

L'initiative privée, si rare et si émouvante pour *fonder*, cette initiative qu'il faut toujours encourager parce que c'est sur elle qu'il faut toujours compter, est impuissante pour *réformer*, car elle a contre elle l'indifférence en général, même celle des administrations, le fait accompli, la prise de possession, la jalousie, etc., etc. Aussi faut-il, pour le cas présent, s'adresser en haut lieu si l'on veut obtenir une solution.

Mon projet consiste en l'organisation d'un service nouveau comprenant trois, quatre ou cinq départements, sous l'administration d'un *Inspecteur-Directeur régional* nommé par M. le Ministre de l'Instruction publique sur la présentation des Préfets et Maires de la région et avec des conservateurs responsables.

Pour éviter la perte, la destruction ou le détournement des objets découverts dans les grands travaux de terrassements (l'État ou les grandes Compagnies), ainsi que cela a eu lieu jusqu'à ce jour, l'*Inspecteur-Directeur* serait tenu de visiter lui-même ces importantes opérations, de s'y créer des relations avec les ingénieurs, les entrepreneurs et les surveillants, d'y installer un délégué. Il aurait le droit de rémunérer certains travailleurs qui, par leur science, par leurs soins intelligents, par leur honnêteté, auraient sauvé d'une perte inévitable des objets précieux pour l'étude. Il pourrait même prendre possession des objets trouvés afin d'en éviter la détérioration par divers déplacements.

A cet effet, l'Inspecteur serait tenu au courant par les autorités compétentes et par les conservateurs des travaux projetés ou en cours d'exécution.

L'Inspecteur serait obligé personnellement à divers travaux, notamment à faire pratiquer des fouilles, ce qui lui fournirait le moyen de susciter cette initiative privée dont je viens de parler.

A l'occasion de ces fouilles ou des découvertes archéologiques, l'Inspecteur ferait des conférences publiques en prenant pour sujet une découverte locale, afin de donner plus d'attrait à l'objet qu'il traiterait.

Il profiterait de ces réunions pour créer, sous sa direction d'abord, des Sociétés d'archéologie locales en vue de la formation de Musées cantonaux, communaux même.

Un ordre *uniforme* serait établi pour la bonne tenue de nos Musées de province. De cette façon, tout étranger pourrait se livrer à une étude assez complète, sans avoir recours à aucun employé.

Le défaut de catalogue rend impossible l'étude et fait perdre l'origine des objets. Il faut donc en créer au plus tôt et appeler à cette œuvre les hommes studieux, souvent délaissés, les anciens, qui connaissent cette origine.

Voici comment je comprends la formule des catalogues :

Le premier catalogue dit : *Catalogue général* ou *Livre d'entrée*, serait tenu avec grand soin par les conservateurs. Il serait libellé d'après la déclaration des donateurs ou des déposants, faite sur une feuille détachée, imprimée, signée par eux. Ces feuilles formeraient un dossier de contrôle.

Ce catalogue contiendrait une description complète des objets, nature, lieu de découverte, etc., quelquefois un dessin, suivant l'intérêt.

Le *Deuxième Catalogue*, celui livré au public, établi comme le Répertoire archéologique, serait suivi d'une table où l'on pourrait voir en un instant où reposent les objets qui intéressent le plus.

L'un des principaux motifs de la création des Musées étant de fournir à tous des moyens d'étude, l'Inspecteur-Directeur pourrait, sous sa responsabilité, autoriser le déplacement momentané de certains objets.

Tel est, Messieurs, le mode de réformes que j'ai l'honneur de vous communiquer. Si vous lui réservez bon accueil, je serai satisfait d'avoir pu apporter mon humble travail à la réorganisation que je poursuis. Avec ce système, on aura un moyen pratique pour arriver à la création de Sociétés archéologiques et à la fondation de Musées cantonaux, auxquels se sont déjà vivement intéressés un si grand nombre d'hommes éminents : MM. Lepère, Rameau, Leblond, Émile Deschanel, Carnot, Crémieux, Henri Martin, V. Schœlcher, Ed. Charton, A. Corbon, Albert Joly, F. Hérold, Bardoux, Goult, Viollet-le-Duc et tant d'autres.

Et si, par votre haute situation, vous obteniez, Messieurs, de M. le Ministre de l'Instruction publique une décision favorable à ce projet, ma satisfaction serait plus vive encore, puisque ce serait à un membre de notre studieuse Association que reviendrait l'initiative de cette mesure.

M. G. LAUNAY

Président de la Société archéologique du Vendômois.

L'ANCIEN FORT DE FONTENAILLES, COMMUNE DE NOURRAY, CANTON DE St-AMAND, ARRONDISSEMENT DE VENDOME (LOIR-ET-CHER)

— *Séance du 17 août 1883* —

Il y a vingt-cinq ou trente ans, en parcourant les différentes communes de l'arrondissement de Vendôme, pour en établir le répertoire archéologique, nous fûmes, déjà à cette époque, frappé par une disposition toute particulière que présentait un ancien fort, situé à un kilomètre au nord-

ouest du bourg de Nourray, canton de Saint-Amand, et portant le nom de Château de Fontenailles.

La disposition de cette sorte de forteresse, dont aucun des lieux fortifiés du pays et visités plus tard ne nous avait rien offert d'analogue, était toujours restée dans notre esprit avec l'intention de revenir plus tard l'étudier ; mais toujours arrêté par une foule d'autres sujets à traiter, cette question n'arrivait point à une solution.

La découverte récente d'un très remarquable polissoir, situé à une courte distance du vieux château en question, nous obligea à de fréquentes excursions sur les lieux, et, par suite, à reprendre l'étude ajournée depuis longtemps.

Pour rendre la description plus facile, nous joignons ici un plan des lieux, relevé très exactement.

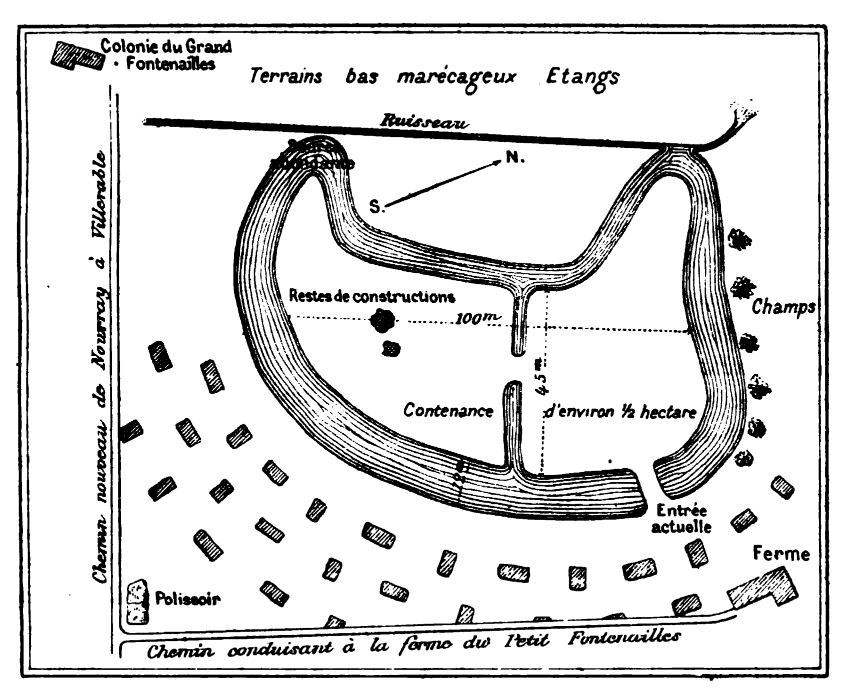


Fig. 93. — Ancien château-fort de Fontenailles, commune de Nourray.

Situé dans une contrée peu accidentée, présentant aujourd'hui une vaste étendue de terrains à découvert, cet ancien château-fort offre à la vue une disposition assez bizarre de douves ou fossés, aux formes arrondies, se terminant au nord-ouest par deux espèces de crochets faisant saillie en dehors de l'enceinte principale.

Ces fossés, de largeurs inégales, depuis 6 mètres jusqu'à 12 mètres, et d'une profondeur de 4 mètres environ, avaient dû être primitivement

réunis, à peu près vers le milieu, par une douve intérieure, dont on voit encore la trace, avec passage servant à faire communiquer les deux portions de l'enceinte totale, mesurant 100 mètres dans sa plus grande longueur, sur une largeur moyenne de 45 à 50 mètres.

Lors de la première visite des lieux indiquée plus haut, la partie de l'enceinte au sud-est contenait encore des restes très apparents de constructions figurés sur le plan, paraissant être ceux d'un donjon avec fondations dans le voisinage, offrant l'aspect de l'entrée d'un souterrain ou d'un four construit en briques. Parmi les nombreux débris épars sur le terrain, nous y avions trouvé une élégante petite lampe funéraire.

Mais ce qui mérite plus particulièrement d'attirer l'attention des archéologues, et ce que nous n'avons trouvé jusqu'ici mentionné dans aucune description des enceintes fortifiées, c'est la nombreuse quantité de *buttes* en terre disposées sur plusieurs rangs, ainsi que le plan l'indique, placées à cinq ou six mètres en avant des fossés, au sud-est, parallèlement à leur direction et à des distances irrégulières, avec rangs alternant entre eux, tantôt parallèles ou perpendiculaires à la direction des fossés.

Ces buttes, de forme rectangulaire, de deux à trois mètres de longueur sur une épaisseur moindre, et de hauteurs difficiles à fixer aujourd'hui, vu leur état de vétusté, renfermaient parfois des pierres à l'intérieur, mais le plus souvent on les trouvait construites en terre seulement.

Lors de notre première visite au vieux château de Fontenailles, un assez grand nombre de ces buttes étaient encore debout. Le vieillard qui nous accompagnait, un sieur Blanchecotte, maire de la commune de Nourray, nous disait les avoir vues presque au complet dans son enfance.

A l'opposé, à l'ouest, on n'en a pas trouvé trace. Le terrain plus bas, marécageux et couvert d'étangs à cette époque, défendait suffisamment l'approche du château de ce côté.

En présence de cette disposition inusitée de buttes, notre première impression a été de rechercher quelle avait dû être leur destination. Nous n'avons pu, après réflexion, leur en supposer d'autre que celle d'avoir été établies là comme moyen de défense de l'enceinte sur son côté attaquable au sud-est.

Trop peu versé dans l'étude des fortifications, nous avons jugé à propos de faire appel aux lumières d'un homme très compétent en ces sortes de questions, M. le commandant du génie de Rochas, en résidence à Blois, qui, très obligeamment, a bien voulu nous transmettre de précieux renseignements, dont nous vous soumettons ici quelques extraits.

«..... Toute défense de position doit être active, sous peine de se voir bientôt anéantie; c'est-à-dire que le défenseur ne doit pas se borner à repousser les assauts de l'ennemi, mais doit aller l'inquiéter dans son camp, de manière à le décourager, si c'est possible, et à lui faire aban-

donner son entreprise. C'est pour cela que toute fortification bien entendue doit avoir des dispositifs propres à protéger les sorties... Aujourd'hui nous avons des chemins couverts, c'est-à-dire un rempart en terre-bas placé au-delà du fossé, dans lesquels s'assemblent les défenseurs en secret, et d'où ils s'élancent ensuite au dehors en franchissant le rempart...

» A *Tyrinthe*, en Grèce, les fortifications cyclopéennes, composées de murs très épais et sans fossé, présentent, du côté accessible, une galerie intérieure communiquant avec l'extérieur par de nombreuses ouvertures.



Fig. 94.

» Les défenseurs se rangeaient en bataille dans la galerie, puis sortaient en masse par les ouvertures. Quand ils battaient en retraite, ils reculaient également en bataille, et rentraient ensemble par toutes les ouvertures; puis, une fois dans la galerie, chaque soldat se mettait à l'abri derrière les piliers, où il attendait l'attaque de l'ennemi.

» Vous voyez maintenant, Monsieur, l'explication de la disposition des buttes qui existaient à Fontenailles. C'étaient des refuges derrière lesquels les défenseurs s'abritaient avant et après les sorties. »

Cette solution émanant d'une plume autorisée et venant confirmer notre appréciation première, au moins quant à la destination des buttes, nous semble suffisamment concluante pour être adoptée; il serait, en effet, difficile d'expliquer autrement la présence de ces nombreuses buttes.

Il reste maintenant un autre point à éclaircir, c'est celui de l'époque à assigner à un semblable établissement.

On vient de nous présenter une certaine analogie entre les procédés d'attaque et de défense employés dans notre forteresse, et ceux en usage dans l'antique ville de Tyrinthe, en Grèce. Sans avoir la prétention de faire remonter aussi loin la construction du fort de Fontenailles, on peut au moins lui assigner une date assez reculée dans le moyen âge.

Ce qui viendrait en quelque sorte appuyer ce dire, c'est l'ancienneté elle-même de la localité, renfermant, ainsi que plusieurs communes environnantes, une grande quantité de monuments mégalithiques, tels que *dolmens*, *pierres levées et taillées*, *polissoirs*, etc. (1).

(1) Parmi ces derniers, on a découvert récemment, à quelques mètres du fort en question, un *polissoir*, l'un des plus importants de ceux décrits jusqu'ici.

Sans remonter jusqu'à l'époque celtique, le bourg même de Nourray conserve encore une église romane, datant au moins du XIe siècle, bien digne de fixer l'attention des archéologues, et qui renferme une pierre tombale d'un *de Fontenail*, seigneur du lieu, vivant au XIIe siècle.

Ce *de Fontenail* était-il le premier du nom? Il est assez difficile de le constater, vu l'absence jusqu'ici de documents historiques.

L'ancienneté de notre forteresse serait encore attestée par deux chartes du cartulaire de Marmoutier.

L'une d'elles cite un fief, dans le Vendômois, *apud Fontinetum*, et l'autre un fief *apud Fontenellum*. Ces deux chartes, du XIIe siècle, se rapportent bien à la même localité; l'identification avec Fontenailles est d'autant plus évidente, que le nom de *Nourray*, qui est celui de la paroisse, s'y trouve mentionné en même temps.

La date précise de l'établissement de cet ancien fort n'était pas le but principal que nous nous proposions ici; il s'agissait surtout de mettre en relief une disposition de fortifications qui nous a semblé assez extraordinaire, dans nos contrées, pour être soumise au Congrès, c'est-à-dire la nature des moyens d'attaque et de défense employés au *fort de Fontenailles*.

Puissions-nous avoir rendu ce sujet digne d'un certain intérêt, et avoir provoqué, de la part de ceux qui se préoccupent de ces questions, des renseignements sur des fortifications ayant quelque analogie avec celles présentées ici!

Ne terminons pas sans remercier ceux de nos collègues qui nous ont prêté un utile concours, et en particulier M. Boissé, instituteur à Nourray, qui a dressé un plan bien exact des douves du fort de Fontenailles.

TABLE ANALYTIQUE

Dans cette table les nombres qui sont placés apres l'astérisque * se rapportent aux pages de la 2e partie.

TABLE DES MATIÈRES

SECONDE PARTIE

NOTES ET MÉMOIRES

52

TABLES

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 24744-6.

ERRATA

Page 69, lignes 19, 20, 21 ; — page 70, lignes 3, 5 :

Au lieu de : $a^2 - r^2$ *lire :* $\frac{a^2 - r^2}{a}$.

Page 70, ligne 6 :

Au lieu de : $= a\mathrm{H}$ *lire :* $= \mathrm{H}$.

Page 71, ligne 1 :

Au lieu de : $\Omega^2 - \omega^2$ *lire :* $\Omega^2 + \omega^2$.

Page 74, ligne 4.

Au lieu de : $\left(\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}\mathcal{E}_a +\right.$ *lire :* $\left(\frac{\Omega^2 - 2\omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}\mathcal{E}_a +\right.$.

Page 74, lignes 8 et 21 ; — page 75, lignes 2, 3 et 19 ; — page 76, lignes 1 et 2 :

Changer le signe de : $\frac{\Omega^2 - \omega^2}{\Omega^2 + \omega^2}$.

Page 76, équation 18, remplacer *partout* $a^2 - r^2$ par $\frac{a^2 - r_1^2}{a}$.

Page 77, ligne 2 :

Au lieu de : $= \frac{2\pi}{\sqrt{r_1}}$ *lire :* $= \frac{2\pi a}{\sqrt{r_1}}$.

Page 77, équation 18 :

Au lieu de : $= \frac{a^2 - r_1^2}{4\pi}$ *lire :* $= \frac{a^2 - r_1^2}{4\pi a}$.

PLANCHE XI.

LÉGENDE.

Fig. 1. — Coupe d'un *Genea verrucosa* avec ses spores, son mycelium et un fragment de racine. — Grossie 40 fois.

Fig. 2. — Coupe d'un *Tuber panniferum* avec son mycelium. — Grossie 40 fois.

Fig. 3. — Fragment inférieur de la même coupe. — Grossi 180 fois.

Nota. — Les sujets de ces gravures sont tirés de la collection de préparations microscopiques et de microphotographies de l'Auteur.

Fig. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121

Fig. 2

1	22	119	78	5	66	115	34	9	110	111
112	13	90	107	54	17	46	103	98	21	2
99	20	25	42	95	58	29	86	91	14	33
8	87	92	37	70	83	74	41	26	79	118
45	104	75	40	49	62	71	38	53	106	67
116	57	28	63	72	61	50	59	94	65	6
55	16	69	84	51	60	73	82	47	18	77
4	43	96	81	48	39	52	85	30	35	114
89	108	31	36	93	64	27	80	97	102	23
120	101	24	19	76	105	68	15	32	109	10
11	12	113	88	7	56	117	44	3	100	121

Fig. 3

Fig. 4

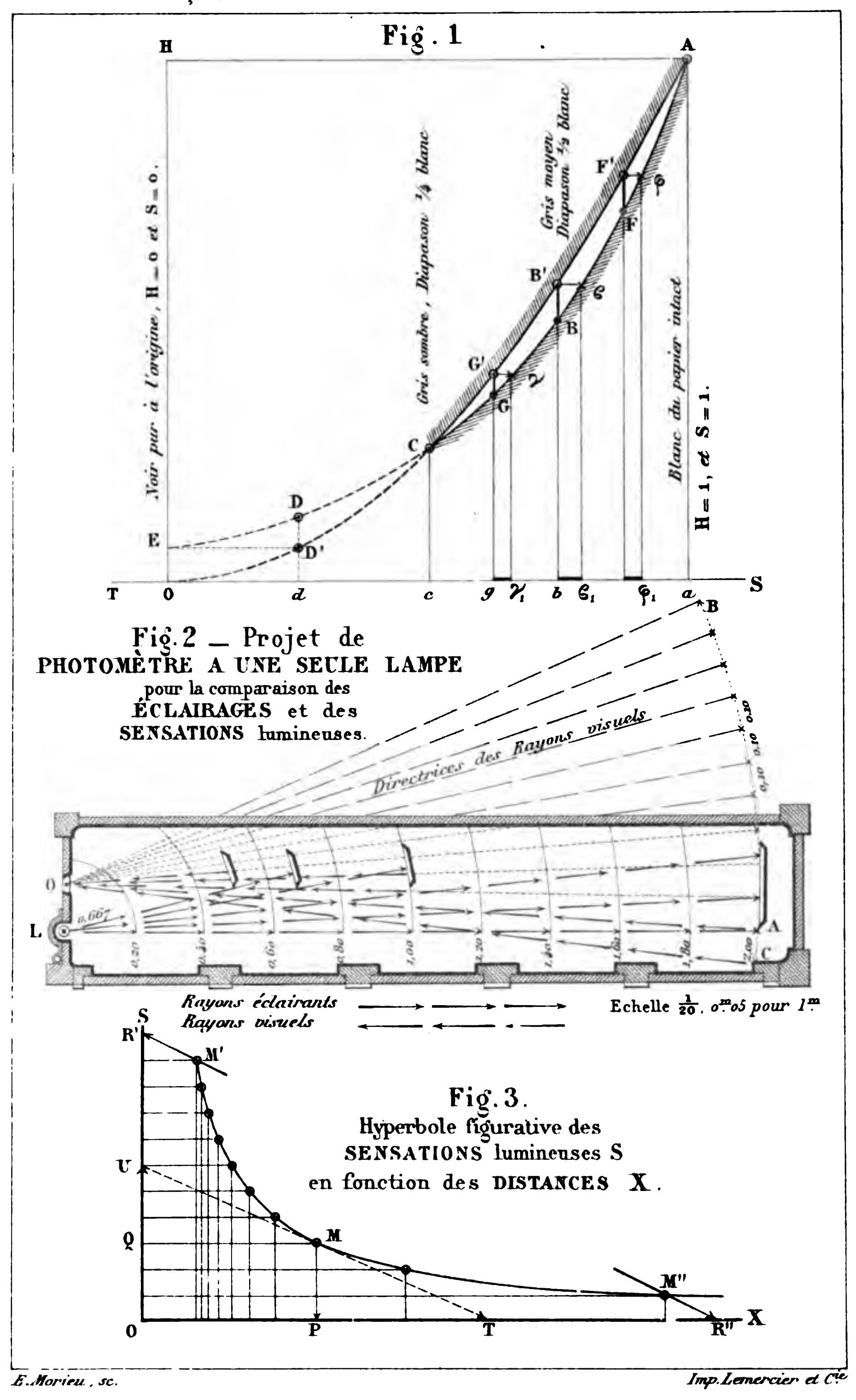
112	1	22	119	78	5	66	115	34	9	110
99	13	90	107	54	17	46	103	98	21	111
8	20	92	25	42	95	58	29	86	14	2
45	87	75	37	70	83	74	41	91	79	33
116	104	28	40	72	49	62	38	26	106	118
55	57	69	63	51	61	71	59	53	65	67
4	16	96	84	60	73	50	82	94	18	6
89	43	31	81	48	39	52	85	47	35	77
120	108	36	93	64	27	80	97	30	102	114
11	101	24	19	76	105	68	15	32	109	23
12	113	88	7	56	117	44	3	100	121	10

Fig. 5

112	1	22	119	78	5	66	115	34	9	110
11	13	90	107	54	17	46	103	98	21	111
120	108	92	25	42	95	58	29	86	14	2
89	43	31	37	70	83	74	41	91	79	33
4	16	96	84	72	49	62	38	26	106	118
55	57	69	63	51	61	71	59	53	65	67
116	104	28	40	60	73	50	82	94	18	6
45	87	75	81	52	39	48	85	47	35	77
8	20	36	97	80	27	64	93	30	102	114
99	101	32	15	68	105	76	19	24	109	23
12	121	100	3	44	117	56	7	88	113	10

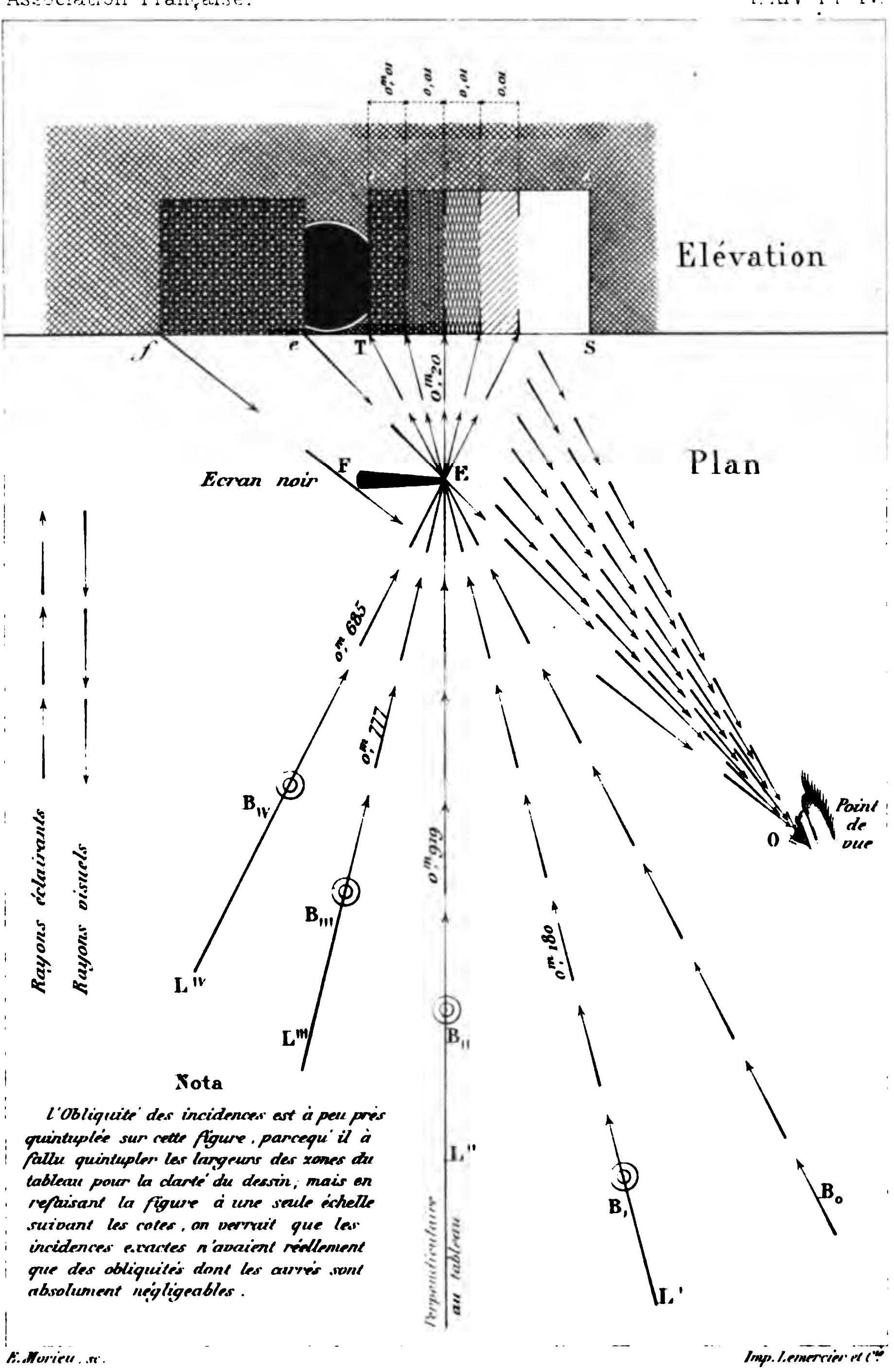
E. Morieu, sc. Imp. Lemercier et Cie

P. H. SCHOUTE. — SUR LES CARRÉS A ENCEINTE MAGIQUE.



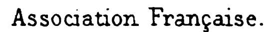
E. Morieu, sc. Imp. Lemercier et Cie

PH. BRETON. — MESURE EXPÉRIMENTALE DE L'INTENSITÉ DES SENSATIONS LUMINEUSES EN FONCTION DES QUANTITÉS DE LUMIÈRE.



E. Morieu, sc. Imp. Lemercier et Cie

TH. BRETON. — MESURE EXPÉRIMENTALE DE L'INTENSITÉ DES SENSATIONS LUMINEUSES EN FONCTION DES QUANTITÉS DE LUMIÈRE.



LAC LÉMAN

Morges
Lausanne
Ouchy
Nyon
Evian
Bouveret
Villeneuve
Yvoire
Thonon
Dranse Riv.
Rhône Fl.
Échelle.
0 5 10 20 30 40 Kil
Rhône Fl.
Genève

734
732
730
728
6h 9h Minuit 3h
9h Midi 3h
Midi 2h 4h 6h 8h 10h
10 mm de mercure

4h soir
6h
8h

OSCILLATIONS À GENÈVE

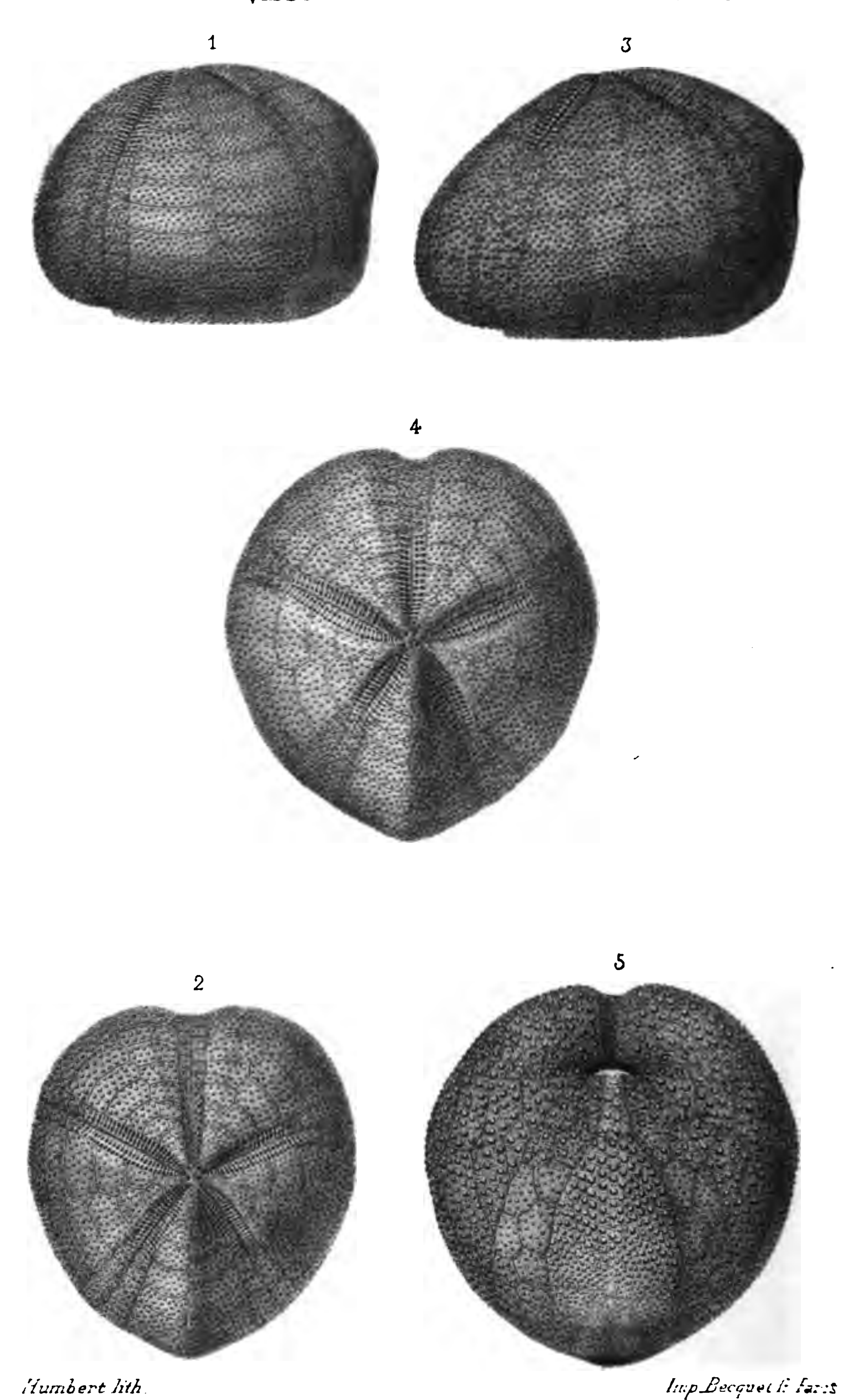
Les variations des ordonnées représentent en demi-grandeurs les variations de niveau.

OSCILLATIONS À THONON

4h soir
6h
8h

Gravé par E. Morieu. Lith. Lemercier et Cie

LAURIOL. — SUR LES OSCILLATIONS RYTHMÉES DU LAC LÉMAN



Humbert lith. Imp. Becquet fr. Paris

GAUTHIER_DESCRIPTION DE TROIS ÉCHINIDES NOUVEAUX RECUEILLIS DANS LA CRAIE DE L'AUBE ET DE L'YONNE.

1 _ 2. Micraster beonensis.

3 _ 5. Epiaster Renati.

1 3 2

5 6 4

7

8 9

Humbert lith Imp. Becquet fr. Paris

GAUTHIER._DESCRIPTION DE TROIS ÉCHINIDES NOUVEAUX RECUEILLIS DANS LA CRAIE DE L'AUBE ET DE L'YONNE.

1 _ 6. Micraster Sanctæ Mauræ.
7 _ 9. M.__ ___ beonensis.

Gravé chez L. Wuhrer Rue de l'Abbé de l'Epée 4

F. LEFORT — RECHERCHES SUR L'AGE RELATIF DE

Imp. Monrocq, Paris.

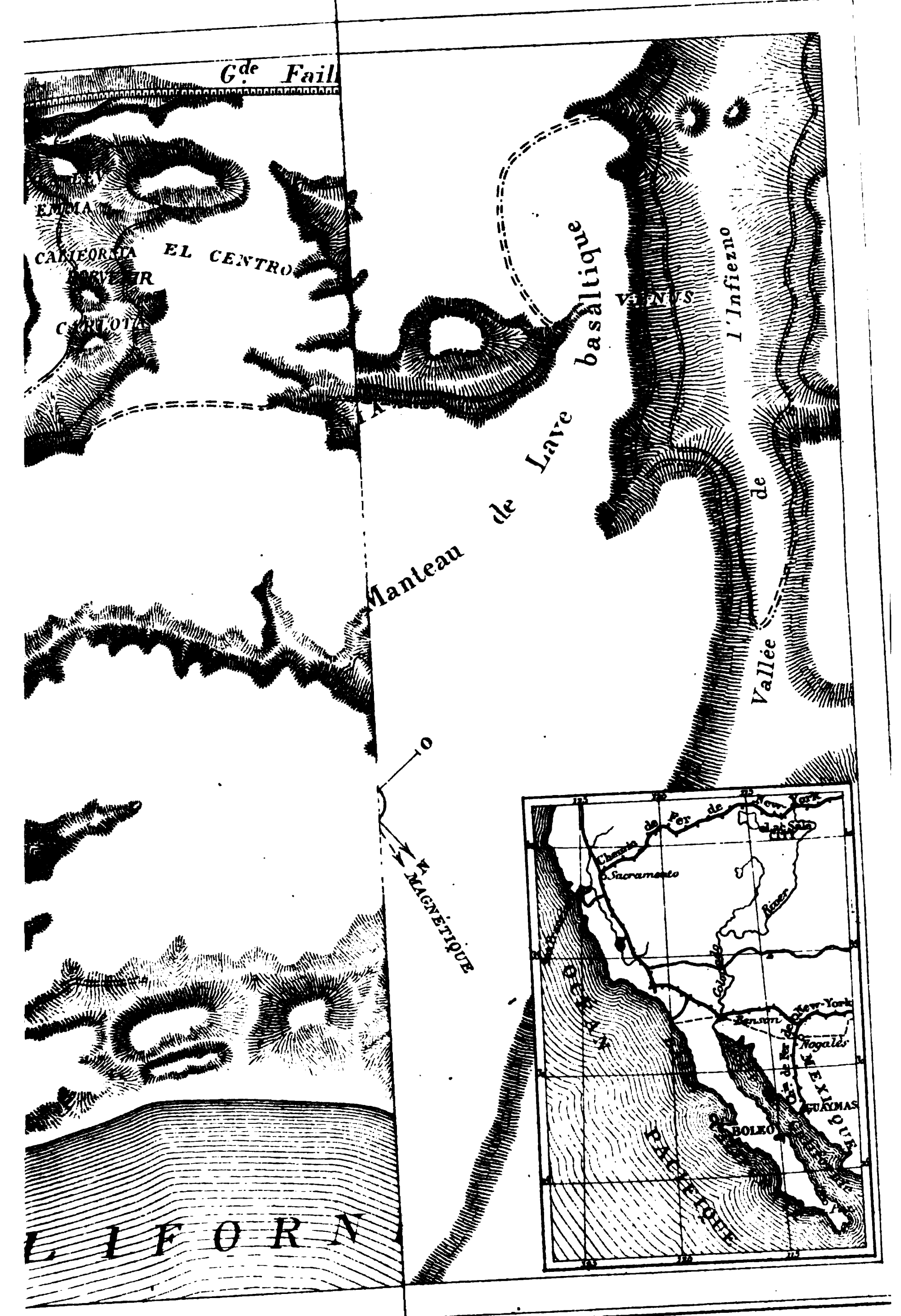
; DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE FAILLES DU NIVERNAIS.





Gravé chez L. Wuhrer, R. de l'Abbé de l'Epée, 4.

TE CUIVR



Imp. Monrocq, Paris.

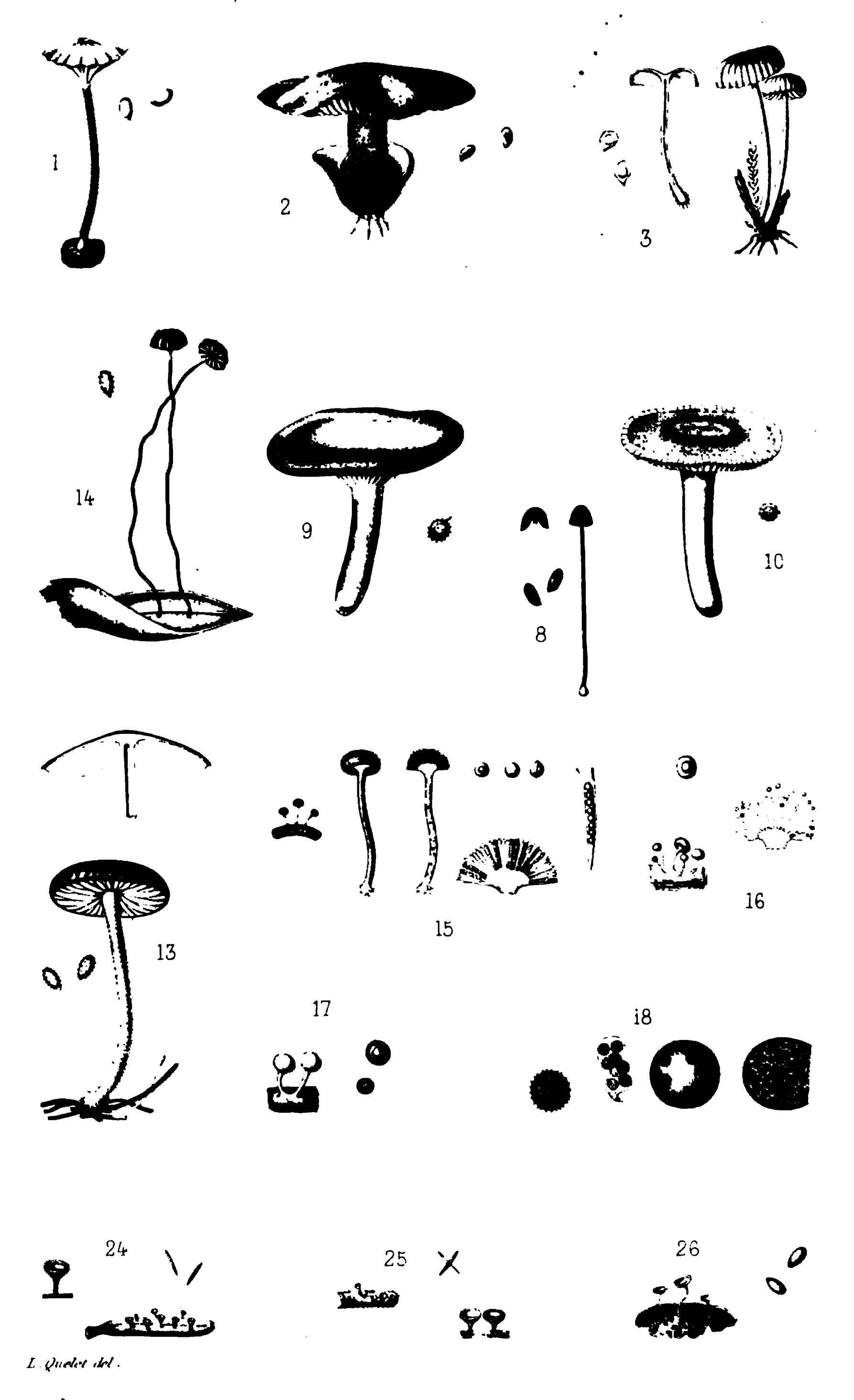
Mr Ed. FUCHS —— SUR L



de Ferry de la Bellone del. *Picart sc.*

DE FERRY DE LA BELLONE. — DU MYCELIUM DES CHAMPIGNONS HYPOGES EN GENERAL ET DE CELUI DES TUBERACES EN PARTICULIER

Imp. [illegible] Paris

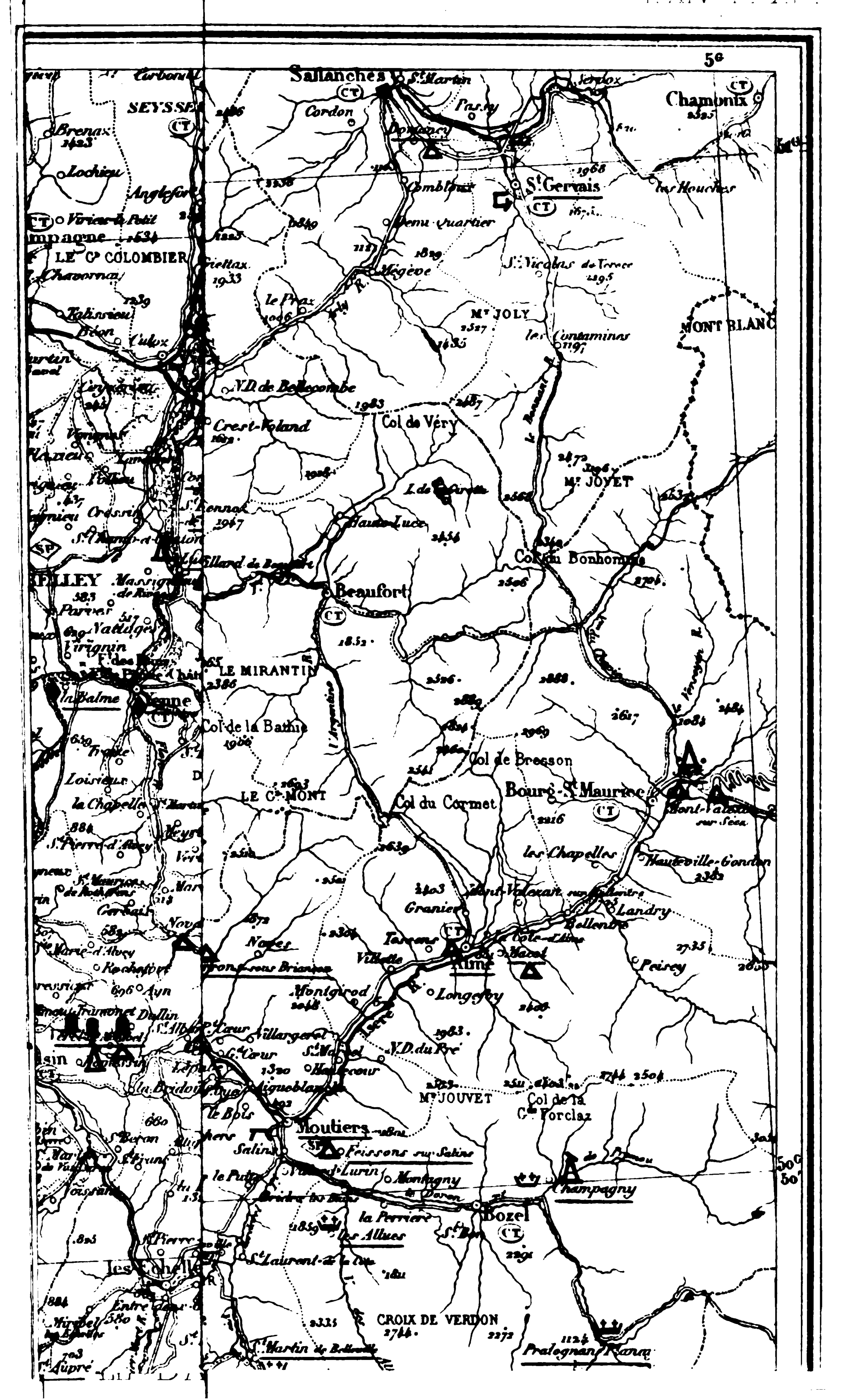


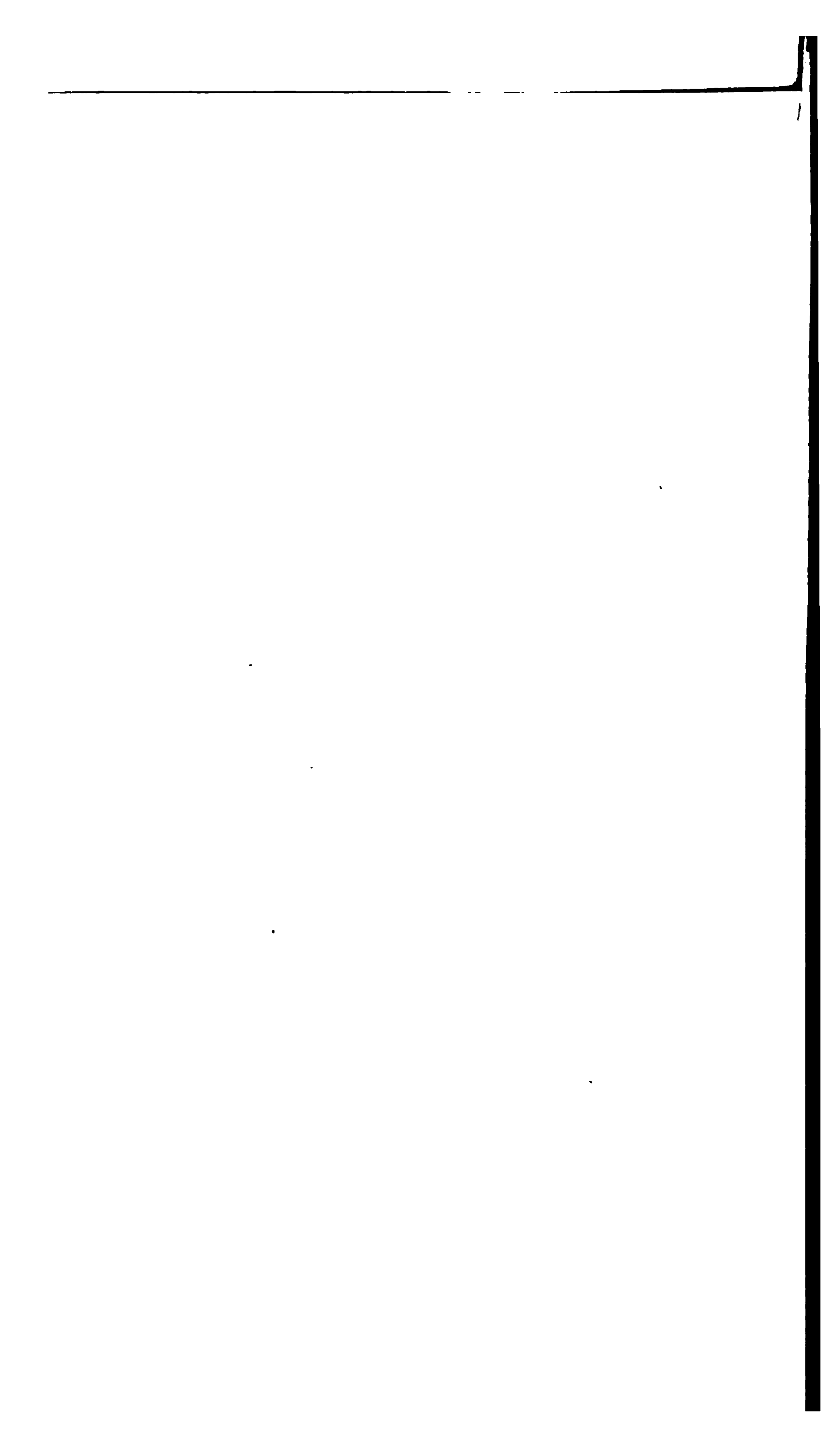
L. QUELET. — QUELQUES ESPÈCES CRITIQUES O

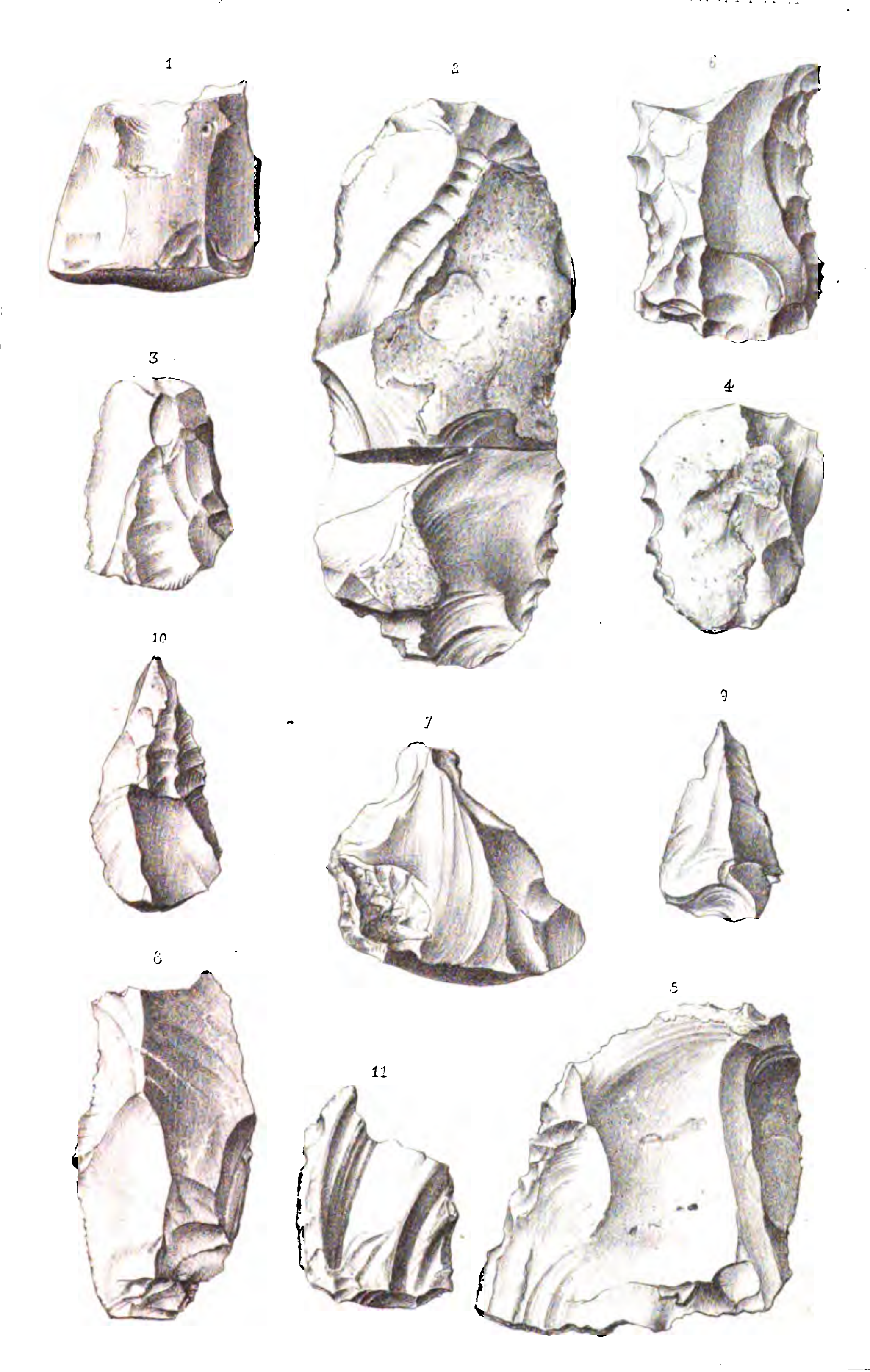
Imp.

OUVELLES DE LA FLORE MYCOLOGIQUE DE LA FRANCE

…eur, Paris

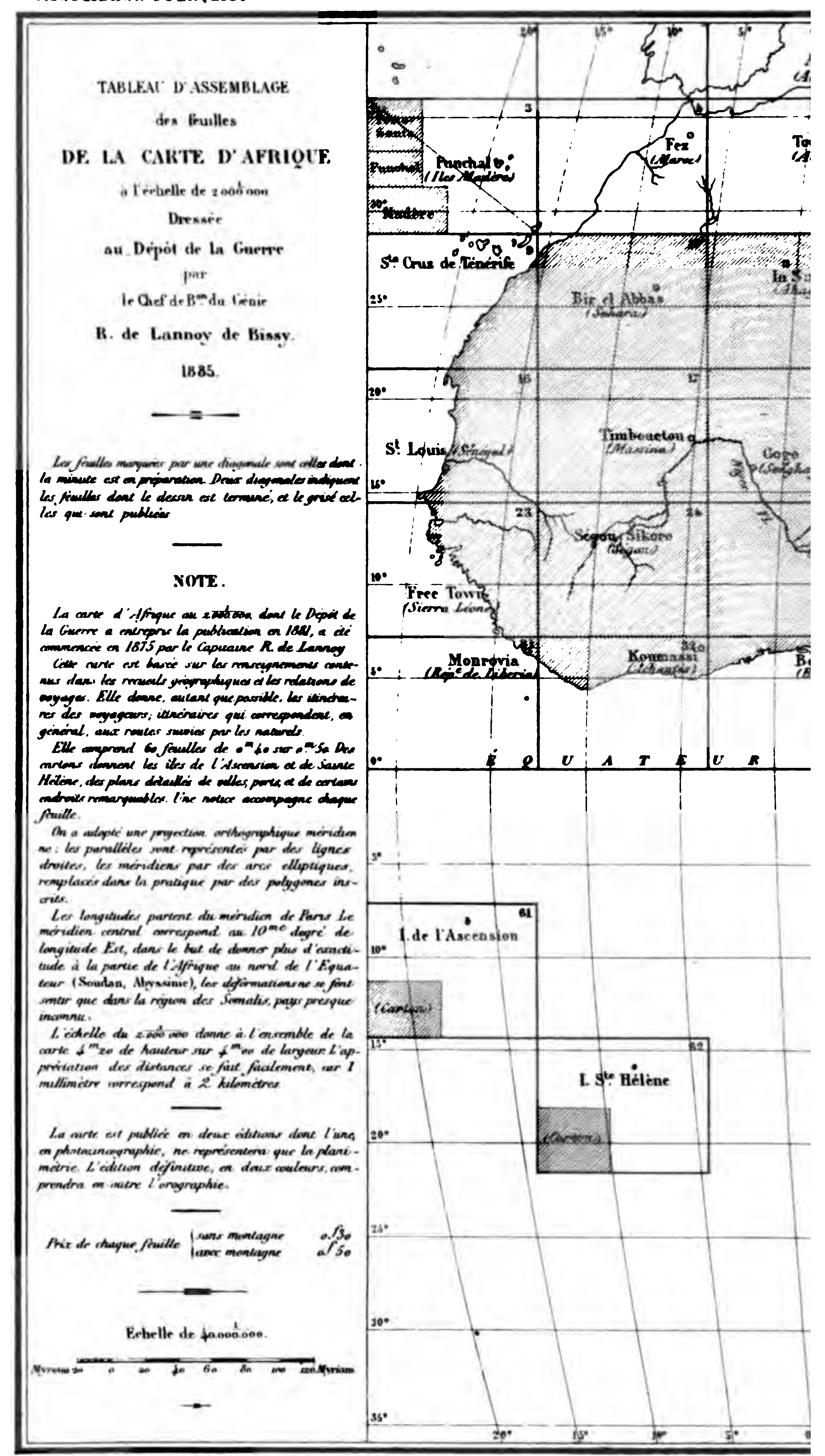

5°
Sallanches
St. Martin
Cordon
Passy
Chamonix
St. Gervais
Combloux
Demi Quartier
Megève
St. Nicolas de Véroce
Mt. JOLY
les Contamines
MONT BLANC
les Houches
SEYSSEL
Brenaz
Lochieu
Anglefort
Virieu-le-Petit
LE Gd COLOMBIER
Culoz
Giettaz
le Praz
N.D. de Bellecombe
Crest-Voland
Col de Véry
Mt. JOYET
Col du Bonhomme
Beaufort
Hauteluce
BELLEY
LE MIRANTIN
Yenne
Col de la Bathie
L'Argentine
Col de Bresson
Bourg-St. Maurice
LE Gd MONT
Col du Cormet
les Chapelles
Hauteville-Gondon
Landry
Bellentre
Granier
Aime
Longefoy
Peisey
Montgirod
Villargerel
N.D. du Pré
Mt. JOUVET
Col de la Gde Forclaz
Moutiers
Salins
Fessons sur Salins
Montagny
Bozel
Champagny
la Perrière
les Allues
St. Bon
St. Laurent-de-la-Côte
CROIX DE VERDON
St. Martin de Belleville
Pralognan
les Echelles
Entre-deux-Guiers
St. Pierre
St. Béron
Dullin
Novalaise
Rochefort
la Chapelle
St. Pierre d'Alvey
Loisieux
la Balme
Massignieu de Rives
Nattages
Virignin
Parves
Cressin
Talissieu
Béon
50°
50'





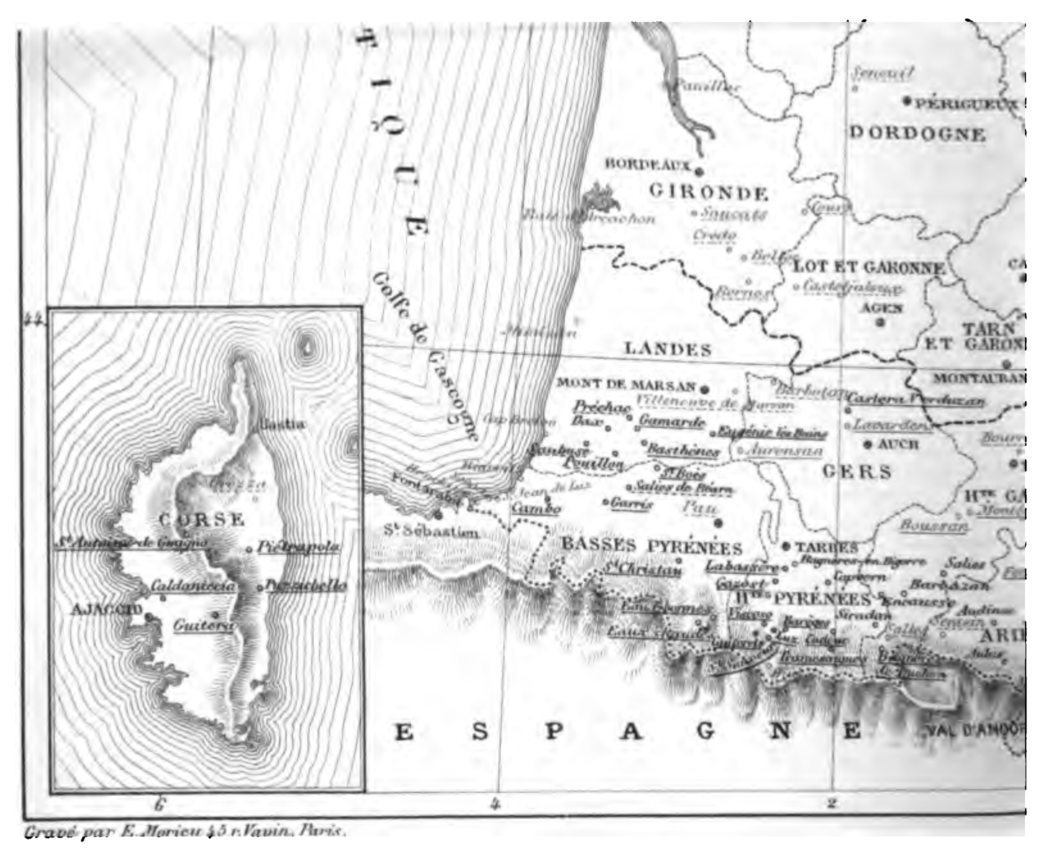
Biloy lith

Imp Bourbier S

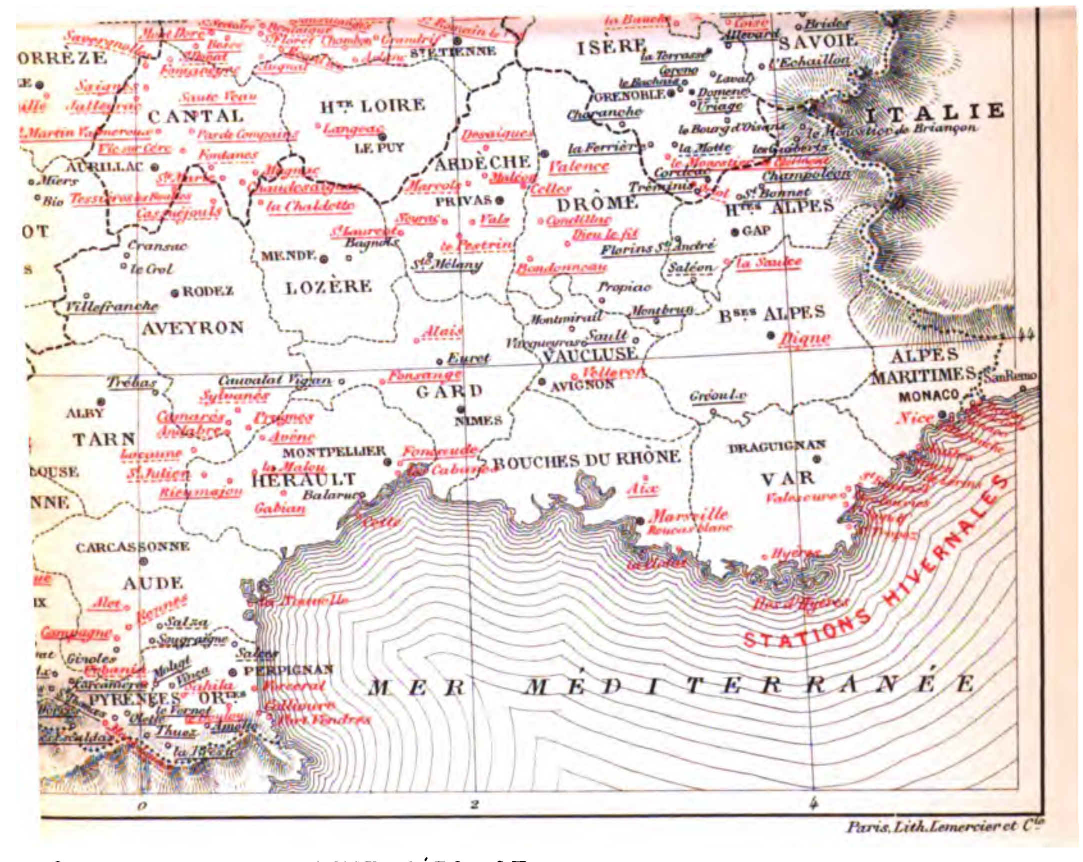


Gravé sur zinc au Dépôt de la Guerre.





M. M. le Dʳ DESHAYES & DUCHEMIN.



-CARTE D'HYDROGRAPHIE MÉDICALE.

